

10/532858

Rec ST/JP 2004/009877
CT/PTO 27 APR 2005
05.07.2004日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 22 JUL 2004

WIPO

PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年10月15日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-355532
[ST. 10/C]: [JP 2003-355532]

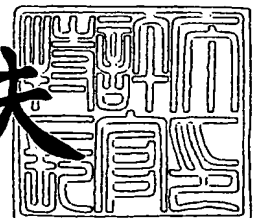
出 願 人
Applicant(s): ソニー株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特2004-3045160

【書類名】 特許願
【整理番号】 0390688108
【提出日】 平成15年10月15日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H03M 13/25
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内
 【氏名】 宮内 俊之
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内
 【氏名】 飯田 康博
【特許出願人】
 【識別番号】 000002185
 【氏名又は名称】 ソニー株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100082131
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 稲本 義雄
 【電話番号】 03-3369-6479
【先の出願に基づく優先権主張】
 【出願番号】 特願2003-303963
 【出願日】 平成15年 8月28日
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 032089
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9708842

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する復号装置において、
前記可変長テーブルに基づいて、前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と
1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成手段と、
前記生成手段により生成された前記トレリスに基づいて、前記変調符号の復号を行う復
号手段と
を備えることを特徴とする復号装置。

【請求項 2】

前記変調符号は、17PP (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition
Runlength) 変調符号である
ことを特徴とする請求項 1 に記載の復号装置。

【請求項 3】

前記復号手段は、軟入力を用いて復号を行う
ことを特徴とする請求項 1 に記載の復号装置。

【請求項 4】

前記復号手段は、軟判定ビタビアルゴリズムを用いて復号を行う
ことを特徴とする請求項 3 に記載の復号装置。

【請求項 5】

前記復号手段は、軟出力復号を行う
ことを特徴とする請求項 3 に記載の復号装置。

【請求項 6】

前記復号手段は、BCJR (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズムを用いて復号を行
う
ことを特徴とする請求項 5 に記載の復号装置。

【請求項 7】

前記復号手段は、SOVA (Soft-Output Viterbi Algorithm) を用いて復号を行う
ことを特徴とする請求項 5 に記載の復号装置。

【請求項 8】

可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する復号方法において、
前記可変長テーブルに基づいて、前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と
1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成ステップと、
前記生成ステップの処理により生成された前記トレリスに基づいて、前記変調符号の復
号を行う復号ステップと
を含むことを特徴とする復号方法。

【請求項 9】

可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する処理をコンピュータに行わ
せるプログラムが記録されているプログラム記録媒体であって、
前記可変長テーブルに基づいて、前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と
1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成ステップと、
前記生成ステップの処理により生成された前記トレリスに基づいて、前記変調符号の復
号を行う復号ステップと
を含むことを特徴とするプログラムが記録されているプログラム記録媒体。

【請求項 10】

可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を復号する処理をコンピュータに行わ
せるプログラムであって、
前記可変長テーブルに基づいて、前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と
1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成ステップと、
前記生成ステップの処理により生成された前記トレリスに基づいて、前記変調符号の復
号を行う復号ステップと

を含むことを特徴とするプログラム。

【請求項 11】

可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化手段と、

前記変調符号化手段により変調符号化された前記信号を、所定の記録媒体に記録する記録手段と、

前記記録手段により前記記録媒体に記録された前記信号を、P R (Partial Response) 特性に等化して再生する再生手段と、

前記再生手段により再生された前記信号を、前記 P R 特性のトレリスを用いて復号する P R 復号手段と、

前記 P R 復号手段により復号された前記信号を、前記可変長テーブルに基づいて生成される前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号手段と

を備えることを特徴とする記録再生装置。

【請求項 12】

前記変調符号は、17 P P (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Runlength) 変調符号であることを特徴とする請求項 11 に記載の記録再生装置。

【請求項 13】

前記変調符号化手段による変調符号化の前に、前記信号を、ターボ符号に符号化するターボ符号化手段と、

前記変調符号復号手段の出力を対象として、ターボ復号を行うターボ復号手段と

をさらに備えることを特徴とする請求項 11 に記載の記録再生装置。

【請求項 14】

前記変調符号化手段による変調符号化の前に、前記信号を、L D P C (Low Density Parity Check) 符号に符号化する L D P C 符号化手段と、

前記変調符号復号手段の出力を対象として、S P A (Sum-Product Algorithm) に基づいて、繰り返し復号を行う L D P C 復号手段と

をさらに備えることを特徴とする請求項 11 に記載の記録再生装置。

【請求項 15】

可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップと、

前記変調符号化ステップの処理により変調符号化された前記信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップと、

前記記録ステップの処理により前記記録媒体に記録された前記信号を、P R (Partial Response) 特性に等化して再生する再生ステップと、

前記再生ステップの処理により再生された前記信号を、前記 P R 特性のトレリスを用いて復号する P R 復号ステップと、

前記 P R 復号ステップの処理により復号された前記信号を、前記可変長テーブルに基づいて生成される前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号ステップと

を含むことを特徴とする記録再生方法。

【請求項 16】

可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップと、

前記変調符号化ステップの処理により変調符号化された前記信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップと、

前記記録ステップの処理により前記記録媒体に記録された前記信号を、P R (Partial Response) 特性に等化して再生する再生ステップと、

前記再生ステップの処理により再生された前記信号を、前記 P R 特性のトレリスを用いて復号する P R 復号ステップと、

前記 P R 復号ステップの処理により復号された前記信号を、前記可変長テーブルに基づいて生成される前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号ステップと

を含むことを特徴とするプログラムが記録されるプログラム記録媒体。

【請求項 17】

可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップと、

前記変調符号化ステップの処理により変調符号化された前記信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップと、

前記記録ステップの処理により前記記録媒体に記録された前記信号を、P R (Partial Response)特性に等化して再生する再生ステップと、

前記再生ステップの処理により再生された前記信号を、前記P R特性のトレリスを用いて復号するP R復号ステップと、

前記P R復号ステップの処理により復号された前記信号を、前記可変長テーブルに基づいて生成される前記変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号ステップと

を含むことを特徴とするプログラム。

【書類名】明細書

【発明の名称】復号装置および方法、記録再生装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラム

【技術分野】

【0001】

本発明は、復号装置および方法、記録再生装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラムに関し、特に、可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号の復号性能を向上することができるようにした復号装置および方法、記録再生装置および方法、プログラム記録媒体、並びにプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

磁気ディスクや光ディスクなどの記録媒体に信号を記録する場合には、再生時に、読み出し信号の振幅制御およびクロック再生が正常に動作するように、予め変調符号化を行ってから記録を行う。そして、このような場合の再生には、例えば、再生信号が直前の信号の影響を受けるというメディア特性を考慮してもとの波形を再生し、記録信号の特徴に基づいて、再生信号から最も確からしいデータを読み取る PRML (Partial Response Maximum-Likelihood) などの再生処理が用いられる。

【0003】

図1は、従来の PRML による記録再生装置1の構成例を示している。記録再生装置1は、変調符号化部11、PR通信路12、および復号部13により構成される。

【0004】

変調符号化部11は、入力された信号に対して、所定の制限を加えるための所定の変調符号の符号化テーブル41-1を有している。変調符号化部11は、入力された信号を、符号化テーブル41-1に基づいて、所定の変調符号に符号化し、信号に所定の制限を加えた符号化信号として、PR (Partial Response) 通信路12に出力する。なお、制限としては、例えば、符号の0, 1の個数を充分長い範囲で均等にできるDCフリー制限や連続する0の個数の最小、最大長がそれぞれd, kとなる(d, k)制限などが用いられる。

【0005】

PR通信路12は、記録再生部21および等化処理部22により構成され、例えば、PR2 (Partial Response class - 2: パーシャルレスポンスクラス2) の記録再生チャンネルでの記録再生処理を行う。記録再生部21は、変調符号化部11から入力された符号化信号を、NRZI (non return to zero Inverted) 符号化し、NRZI符号化された信号を装着された記録媒体または内蔵される記録媒体にマークエッジ記録 (Mark Edge Recording) 方法を用いて記録する。また、記録再生部21は、記録媒体に記録されている符号化信号をPR2チャンネルで読み出して、読み出された符号化信号を、等化処理部22に供給する。等化処理部22は、供給された符号化信号に対して、所定の目標等化特性となるように、波形干渉を利用したPR等化を施して、復号部13に供給する。

【0006】

復号部13は、PR-ビタビ復号部31および変調復号部32により構成され、等化処理部22から供給された信号を復号処理する。PR-ビタビ復号部31は、PR通信路12からの信号から、NRZI符号化およびPR2チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められたNRZI符号化およびPR2チャンネルのトレリス表現に基づいて、ビタビ復号し、ビタビ復号された信号を変調復号部32に供給する。変調復号部32は、変調符号化部11が有する符号化テーブル41-1と同じ符号化テーブル41-2 (なお、符号化テーブル41-1および41-2を、特に区別する必要がない場合、適宜、符号化テーブル41と称する) を有しており、PR-ビタビ復号部31から供給された信号を、符号化テーブル41に基づいて、変調復号し、変調復号された信号を図示せぬ後段に出力する。

【0007】

一方、近年、通信や放送の用途で実用化が進んでいる高性能な誤り訂正符号のターボ(t

urbo)符号やLDPC (Low Density Parity Check)符号を、記録媒体の用途でも使用したいという要望が高まっている。上述した記録再生装置1に、例えば、ターボ符号を用いる場合には、変調符号化部11の前段にターボ符号化部が付加され、変調復号部32の後段に、ターボ符号を復号するためのターボ復号部が付加されるが、変調復号部32の後段に付加されるターボ復号部には、0, 1だけの情報(硬情報)だけでなく、これらの硬情報がどの程度確からしいかの情報(軟情報(軟判定情報))を入力する必要がある。すなわち、ターボ符号やLDPC符号の復号部には、軟入力(Soft-Input)を与える必要がある。したがって、その前段の変調復号部32で変調符号を用いて復号する際に、その軟出力(Soft-Output)を求めなければならない。

【0008】

通常、符号の軟出力を求める場合には、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を用いて、BCJR (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズムやSOVA (Soft-Output Viterbi Algorithm) により求められるのが一般的である。なお、このトレリス表現は、入力される信号を畳み込み符号を用いて復号する場合には容易に可能であるが、非線形符号である変調符号を用いて復号する場合には、必ずしも容易ではない。ただし、近年の研究によって、変調符号であっても、例えば、光磁気ディスク(MO)を記録再生する場合に用いられている(1, 7) RLL (Run Length Limited) 符号(Standard ECMA (欧州計算機製造業者協定-195)のような単純な符号化テーブルを用いる符号)に関しては、そのトレリス表現が可能であり、(1, 7) RLL符号を用いる変調復号部には、ターボ復号部を接続することができることが非特許文献1に報告されている。ここで、RLL符号とは、変調符号における“1”と“1”の間に挟まれた“0”の数が制限されている符号であり、“1”と“1”の間に挟まれた“0”の最小ランレングスをd、最大ランレングスをkとして、(d, k) RLLと表現される。

【0009】

図2は、ターボ符号を接続した従来の記録再生装置51の構成例を示している。図2の例においては、図1の変調符号化部11に代わって符号化部61が配置され、復号部13に代わって復号部62が配置される。なお、図1および図2の説明は、後述する本発明の説明にも引用される。

【0010】

符号化部61は、ターボ符号化部71、インタリーバ72およびRLL (Run Length Limited) 符号化部73により構成される。ターボ符号化部71は、要素符号化部91、インタリーバ92、要素符号化部93および間引処理部94により構成され、入力された信号をターボ符号化し、インタリーバ72に出力する。

【0011】

外部からの信号は、要素符号化部91およびインタリーバ92に同時に入力される。要素符号化部91は、入力された信号から、パリティビット列1を生成し、間引処理部94に出力する。インタリーバ92は、要素符号化部91と同時に入力された信号の順序を並び替え、要素符号化部93に入力する。要素符号化部93は、インタリーバ92により並び替えられた信号から、パリティビット列2を生成し、間引処理部94に出力する。間引処理部94は、パリティビット列1および2を間引きしながら、多重化することにより、ターボ符号化された信号を、インタリーバ72に出力する。

【0012】

インタリーバ72は、ターボ符号化部71より入力された信号の順序を並び替え、並び替えられた信号をRLL符号化部73に出力する。RLL符号化部73は、(1, 7) RLLの符号化テーブル101を有しており、RLL符号化テーブル101に基づいて、インタリーバ72から入力された信号を(1, 7) RLL符号化し、PR通信路12に出力する。

【0013】

復号部62は、PR-SISO (Soft-Input Soft-Output) 復号部81、RLL-SISO復号部82、デインタリーバ83およびターボ復号部84により構成され、等化処理

部 22 から供給された信号を復号処理する。PR-SISO 復号部 81 は、PR 通信路 12 からの信号から、NRZI 符号化および PR2 チャネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた NRZI 符号化および PR2 チャネルのトレリス表現に基づいて、SISO (Soft-Input Soft-Output) 復号を実行し、SISO 復号された信号 (軟情報) を RLL-SISO 復号部 82 に供給する。

【0014】

RLL-SISO 復号部 82 は、PLL 符号化部 73 が有する (1, 7) RLL の符号化テーブル 101 に基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められた (1, 7) RLL のトレリス表現に基づいて、PR-SISO 復号部 81 からの信号を SISO 復号し、SISO 復号された信号をデインタリバー 83 に供給する。

【0015】

ここで、図 3 および図 4 を参照して、(1, 7) RLL のトレリス表現を説明する。なお、図 3 は、(1, 7) RLL の状態遷移表の構成例を示しており、図 4 は、図 3 の状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現の例を示している。なお、図 3 の状態遷移表は、前時刻と現時刻の、ある 1 時刻分の符号化過程を表すものであり、(1, 7) RLL の符号化テーブル 101 に、「前時刻状態」および「現時刻状態」の状態情報を付加し、状態の遷移をわかりやすくしたものである。

【0016】

図 3 の例においては、図中右側より順に、「前時刻状態」、「前時刻出力」、「前時刻入力」、「現時刻出力」、「現時刻入力」、および「現時刻状態」が示されている。また、上段から順に、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 00 である「前時刻状態」S0 の場合、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 01 である「前時刻状態」S1 の場合、「前時刻出力」が 0 で、「前時刻入力」が 10 である「前時刻状態」S2 の場合、「前時刻出力」が 1 で、「前時刻入力」が 00 である「前時刻状態」S3 の場合、「前時刻出力」が 1 で、「前時刻入力」が 01 である「前時刻状態」S4 の場合、および「前時刻出力」が 1 で、「前時刻入力」が 10 である「前時刻状態」S5 の場合が示されている。

【0017】

一方、図 4 の例のトレリス表現においては、図中左側の円は、図 3 の「前時刻状態」を表し、矢印は、「前時刻状態」から「現時刻状態」への各状態の遷移を示す矢印であり、矢印に付加したラベルの斜線の前後のシンボルは、図 3 の「現時刻入力」と「現時刻出力」をそれぞれ示し、矢印の先にある図中右側の円が、図 3 の「現時刻状態」を示している。

【0018】

したがって、図 3 および図 4 の例において、「前時刻状態」S0 の場合においては、「現時刻入力」00 が入力されると、「現時刻出力」001 が出力されて「現時刻状態」S4 になり、「現時刻入力」01 が入力されると、「現時刻出力」001 が出力されて「現時刻状態」S5 になり、「現時刻入力」10 が入力されると、「現時刻出力」000 が出力されて「現時刻状態」S2 になり、「現時刻入力」11 が入力されると、「現時刻出力」000 が出力されて「現時刻状態」S3 になることが示されている。また、「前時刻状態」S1 の場合においては、「現時刻入力」00 が入力されると、「現時刻出力」001 が出力されて「現時刻状態」S4 になり、「現時刻入力」01 が入力されると、「現時刻出力」001 が出力されて「現時刻状態」S5 になり、「現時刻入力」10 が入力されると、「現時刻出力」000 が出力されて「現時刻状態」S2 になり、「現時刻入力」11 が入力されると、「現時刻出力」000 が出力されて「現時刻状態」S3 になることが示されている。

【0019】

同様に、「前時刻状態」S2 の場合においては、「現時刻入力」00 が入力されると、「現時刻出力」101 が出力されて「現時刻状態」S4 になり、「現時刻入力」01 が入

力されると、「現時刻出力」101が出力されて「現時刻状態」S5になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「現時刻状態」S2になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「現時刻状態」S3になることが示されている。また、「前時刻状態」S3の場合においては、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「現時刻状態」S0になり、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「現時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「現時刻状態」S2になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「現時刻状態」S3になることが示されている。

【0020】

同様に、「前時刻状態」S4の場合においては、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「現時刻状態」S4になり、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「現時刻状態」S5になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「現時刻状態」S2になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「現時刻状態」S3になることが示されている。また、「前時刻状態」S5の場合においては、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「現時刻状態」S0になり、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「現時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「現時刻状態」S2になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「現時刻状態」S3になることが示されている。

【0021】

以上のように、(1, 7) RLLのトレリス表現(状態遷移表)は、ある1時刻分の遷移する状態を状態S0乃至状態S5の6状態で示すことができ、各状態において、信号が入力されると、その入力信号に対して求められる信号は1つである。したがって、RLL-SISO復号部82は、この(1, 7) RLLのトレリス表現に基づいて、容易にSISO復号することができる。

【0022】

図2に戻って、RLL-SISO復号部82は、SISO復号された信号をデインタリーバ83に供給する。デインタリーバ83は、RLL-SISO復号部82から供給された信号のインタリーバ72で実行された並べ替えを戻し、ターボ復号部84に出力する。

【0023】

ターボ復号部84は、補間処理部111、要素復号部112、インタリーバ113、要素復号部114およびデインタリーバ115により構成され、デインタリーバ83からの信号(軟情報)を、ターボ復号し、図示せぬ外部に出力する。補間処理部111は、デインタリーバ83からの信号を、補間処理し、要素復号部112および要素復号部114に出力する。要素復号部112は、補間処理部111からの信号をSISO復号し、SISO復号された信号とともに、信頼度情報をインタリーバ113を介して、要素復号部114に出力する。要素復号部114は、要素復号部112からの信頼度情報を用いて、補間処理部111からの信号をSISO復号し、デインタリーバ115を介して、SISO復号された信号と信頼度情報を要素復号部112に出力する。そして、要素復号部114は、これらの処理が数回繰り返された後に、最終判定処理を行い、その結果を図示せぬ後段に出力する。

【0024】

なお、図2のPR-SISO復号部81、RLL-SISO復号部82、要素復号部112、および要素復号部114におけるSISO復号には、上述したBCJRアルゴリズムやSOVAなどが用いられる。

【0025】

以上のように、記録再生装置51においては、RLL-SISO復号部82により(1, 7) RLLの符号化テーブル101に基づいて、(1, 7) RLLのトレリス表現が求

められ、容易に軟情報が出力される。したがって、RLL-SISO復号部82の後段に、ターボ復号部84を接続することができる。

【0026】

ところで、近年、例えば、高密度光ディスクを記録再生する場合に17PP (Parity Preserve/Prohibit RMTR (Repeated Minimum Transition Runlength)) 符号が用いられている。この17PP符号においては、特許文献1に示されるように、複雑な可変長の符号化テーブルが用いられる。

【0027】

【非特許文献1】E. Yamada他著、"Turbo Decoding with Run Length Limited Code for Optical Stage", The Japan Society of Applied Physics, Vol. 41, 第1753頁乃至第1756頁、2002年3月発行

【特許文献1】米国特許第6,496,541 B1号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0028】

しかしながら、この可変長の符号化テーブルでは、「入力」のビット長が、(1, 7) RLL符号のような「00」や「01」の固定ビット長ではないため、例えば、「入力」00に対して、「出力」が1通りとは限らない。したがって、上述した(1, 7) RLL符号のように、この17PP符号のような可変長の符号化テーブルを用いてトレリス表現を求めようとしても、入力のビット長が固定ビット長ではないため、17PP符号のトレリス表現を容易に求めることが困難であり、また、仮に、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表をそのまま展開してトレリス表現を求めることができたとしても、全状態数が非常に多く、かなり複雑になるため、現実的には、17PPのような可変長テーブルを有する変調符号を用いるSISO復号が困難であるといった課題があった。

【0029】

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号の復号性能を向上することができるようにするものである。

【課題を解決するための手段】

【0030】

本発明の復号装置は、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成手段と、生成手段により生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号を行う復号手段とを備えることを特徴とする。

【0031】

変調符号は、17PP (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Runlength) 変調符号であるようにすることができる。

【0032】

復号手段は、軟入力を用いて復号を行うようにすることができる。

【0033】

復号手段は、軟判定ビタビアルゴリズムを用いて復号を行うようにすることができる。

【0034】

復号手段は、軟出力復号を行うようにすることができる。

【0035】

復号手段は、BCJR (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) アルゴリズムを用いて復号を行うようにすることができる。

【0036】

復号手段は、SOVA (Soft-Output Viterbi Algorithm) を用いて復号を行うようにすることができる。

【0037】

本発明の復号方法は、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における

各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成ステップと、生成ステップの処理により生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号を行う復号ステップとを含むことを特徴とする。

【0038】

本発明の第1のプログラムが記録されているプログラム記録媒体は、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成ステップと、生成ステップの処理により生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号を行う復号ステップとを含むことを特徴とする。

【0039】

本発明の第1のプログラムは、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスを生成する生成ステップと、生成ステップの処理により生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号を行う復号ステップとを含むことを特徴とする。

【0040】

本発明の記録再生装置は、可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化手段と、変調符号化手段により変調符号化された信号を、所定の記録媒体に記録する記録手段と、記録手段により記録媒体に記録された信号を、P R (Partial Response)特性に等化して再生する再生手段と、再生手段により再生された信号を、P R特性のトレリスを用いて復号するP R復号手段と、P R復号手段により復号された信号を、可変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号手段とを備えることを特徴とする。

【0041】

変調符号は、17 P P (Parity Preserve/Prohibit Repeated Minimum Transition Run length) 変調符号であるようにすることができる。

【0042】

変調符号化手段による変調符号化の前に、信号を、ターボ符号に符号化するターボ符号化手段と、変調符号復号手段の出力を対象として、ターボ復号を行うターボ復号手段とをさらに備えるようにすることができる。

【0043】

変調符号化手段による変調符号化の前に、信号を、L D P C (Low Density Parity Check)符号に符号化するL D P C符号化手段と、変調符号復号手段の出力を対象として、S P A (Sum-Product Algorithm)に基づいて、繰り返し復号を行うL D P C復号手段とをさらに備えるようにすることができる。

【0044】

本発明の記録再生方法は、可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップと、変調符号化ステップの処理により変調符号化された信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップと、記録ステップの処理により記録媒体に記録された信号を、P R (Partial Response)特性に等化して再生する再生ステップと、再生ステップの処理により再生された信号を、P R特性のトレリスを用いて復号するP R復号ステップと、P R復号ステップの処理により復号された信号を、可変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号ステップとを含むことを特徴とする。

【0045】

本発明の第2のプログラムが記録されているプログラム記録媒体は、可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップと、変調符号化ステップの処理により変調符号化された信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップと、記録ステップの処理により記録媒体に記録された信号を、P R (Partial Response)特性に等化して再生する再生ステップと、再生ステップの処理により再生された信号を、P R特性のトレリスを用いて復号するP R復号ステップと、P R復号ステップの処理により復号された信号を、可

変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号ステップとを含むことを特徴とする。

【0046】

本発明の第2のプログラムは、可変長テーブルに基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップと、変調符号化ステップの処理により変調符号化された信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップと、記録ステップの処理により記録媒体に記録された信号を、P R (Partial Response)特性に等化して再生する再生ステップと、再生ステップの処理により再生された信号を、P R特性のトレリスを用いて復号するP R復号ステップと、P R復号ステップの処理により復号された信号を、可変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号する変調符号復号ステップとを含むことを特徴とする。

【0047】

第1の本発明においては、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスが生成され、生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号が行われる。

【0048】

第2の本発明においては、可変長テーブルに基づいて信号が変調符号化され、変調符号化された信号が、所定の記録媒体に記録され、記録媒体に記録された信号が、P R (Partial Response)特性に等化して再生される。そして、再生された信号が、P R特性のトレリスを用いて復号され、復号された信号が、可変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパスで表現されるトレリスに基づいて復号される。

【0049】

復号装置は、独立した装置であってもよいし、記録再生装置の復号処理を行うブロックであってもよいし、通信装置の復号処理を行うブロックであってもよい。

【発明の効果】**【0050】**

本発明によれば、可変長テーブルに基づいて符号化された変調符号を、S I S O復号することができ、復号性能を向上することができる。また、本発明によれば、可変長テーブルに基づく変調符号と、ターボ符号またはL D P C符号を併用することができ、復号性能を向上することができる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0051】**

以下に本発明の最良の形態を説明するが、開示される発明と実施の形態との対応関係を例示すると、次のようになる。本明細書中には記載されているが、発明に対応するものとして、ここには記載されていない実施の形態があったとしても、そのことは、その実施の形態が、その発明に対応するものではないことを意味するものではない。逆に、実施の形態が発明に対応するものとしてここに記載されていたとしても、そのことは、その実施の形態が、その発明以外の発明には対応しないものであることを意味するものでもない。

【0052】

さらに、この記載は、明細書に記載されている発明の全てを意味するものではない。換言すれば、この記載は、明細書に記載されている発明であって、この出願では請求されていない発明の存在、すなわち、将来、分割出願されたり、補正により出現し、追加される発明の存在を否定するものではない。

【0053】

本発明によれば、可変長テーブル（例えば、図6の符号化テーブル201）に基づいて符号化された変調符号（例えば、17PP符号）を復号する復号装置（例えば、図5の記録再生装置151）が提供される。この復号装置は、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と1対1に対応するパス（例えば、図11の太線

矢印 P1 乃至 P3) で表現されるトレリス (例えば、図 11 のトレリス表現) を生成する生成手段 (例えば、図 17 のステップ S42 の処理を実行する図 5 の 17PP-SISO 復号部 181) と、生成手段により生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号を行う復号手段 (例えば、図 17 のステップ S43 の処理を実行する図 5 の 17PP-SISO 復号部 181) とを備えることを特徴とする。

【0054】

本発明によれば、可変長テーブル (例えば、図 6 の符号化テーブル 201) に基づいて符号化された変調符号 (例えば、17PP 符号) を復号する復号方法が提供される。この復号方法は、可変長テーブルに基づいて、変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパス (例えば、図 11 の太線矢印 P1 乃至 P3) で表現されるトレリス (例えば、図 11 のトレリス表現) を生成する生成ステップ (例えば、図 17 のステップ S42) と、生成ステップの処理により生成されたトレリスに基づいて、変調符号の復号を行う復号ステップ (例えば、図 17 のステップ S43) とを含むことを特徴とする。

【0055】

本発明によれば、記録再生装置 (例えば、図 5 の記録再生装置 151) が提供される。この記録再生装置は、可変長テーブル (例えば、図 6 の符号化テーブル 201) に基づいて信号を変調符号化する変調符号化手段 (例えば、図 5 の 17PP 符号化部 171) と、変調符号化手段により変調符号化された信号を、所定の記録媒体に記録する記録手段 (例えば、図 15 のステップ S3 の処理を実行する図 5 の記録再生部 21) と、記録手段により記録媒体に記録された信号を、PR (Partial Response) 特性に等化して再生する再生手段 (例えば、図 16 のステップ S21 の処理を実行する図 5 の PR 通信路 12) と、再生手段により再生された信号を、PR 特性のトレリスを用いて復号する PR 復号手段 (例えば、図 5 の PR-SISO 復号部 81) と、PR 復号手段により復号された信号を、可変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパス (例えば、図 11 の太線矢印 P1 乃至 P3) で表現されるトレリス (例えば、図 11 のトレリス表現) に基づいて復号する変調符号復号手段 (例えば、図 5 の 17PP-SISO 復号部 181) とを備えることを特徴とする。

【0056】

この記録再生装置は、変調符号化手段による変調符号化の前に、信号を、ターボ符号に符号化するターボ符号化手段 (例えば、図 5 のターボ符号化部 71) と、変調符号復号手段の出力を対象として、ターボ復号を行うターボ復号手段 (例えば、図 5 のターボ復号部 84) とをさらに備えることを特徴とする。

【0057】

この記録再生装置は、変調符号化手段による変調符号化の前に、信号を、LDPC (Low Density Parity Check) 符号に符号化する LDPC 符号化手段 (例えば、図 19 の LDPC 符号化部 271) と、変調符号復号手段の出力を対象として、SPA (Sum-Product Algorithm) に基づいて、繰り返し復号を行う LDPC 復号手段 (例えば、図 19 の LDPC 復号部 281) とをさらに備えることを特徴とする。

【0058】

本発明によれば、記録再生方法が提供される。この記録再生方法は、可変長テーブル (例えば、図 6 の符号化テーブル 201) に基づいて信号を変調符号化する変調符号化ステップ (例えば、図 15 のステップ S2) と、変調符号化ステップの処理により変調符号化された信号を、所定の記録媒体に記録する記録ステップ (図 15 のステップ S3) と、記録ステップの処理により記録媒体に記録された信号を、PR (Partial Response) 特性に等化して再生する再生ステップ (図 16 のステップ S21) と、再生ステップの処理により再生された信号を、PR 特性のトレリスを用いて復号する PR 復号ステップ (図 16 のステップ S23) と、PR 復号ステップの処理により復号された信号を、可変長テーブルに基づいて生成される変調符号の符号化過程全体における各状態遷移と 1 対 1 に対応するパス (例えば、図 11 の太線矢印 P1 乃至 P3) で表現されるトレリス (例えば、図 11 のトレリス表現) に基づいて復号する変調符号復号ステップ (例えば、図 16 のステップ S

24) とを含むことを特徴とする。

【0059】

なお、本発明のプログラム記録媒体およびプログラムも、上述した本発明の復号方法または記録再生方法と基本的に同様の構成であるため、繰り返しになるのでその説明は省略する。

【0060】

以下、図を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0061】

図5は、本発明を適用した記録再生装置151の構成例を表している。記録再生装置151は、変調符号として17PP (Parity Preserve/Prohibit RMTR (Repeated Minimum Transition Runlength)) 符号を用いて、光ディスクなどの記録媒体に信号の記録再生を行う。なお、図5において、図2における場合と対応する部分には対応する符号を付してあり、その説明は繰り返しになるので適宜省略する。

【0062】

すなわち、図5の記録再生装置151の符号化部161は、RLL符号化部73に代わって17PP符号化部171が追加され、記録再生装置151の復号部162は、RLL-SISO復号部82に代わって17PP-SISO復号部181が追加されている以外は、図2を参照して上述した記録再生装置51の符号化部61または復号部62と同様の構成を有している。

【0063】

したがって、インタリーバ72は、ターボ符号化部71よりターボ符号化された信号の順序を並び替え、並び替えられた信号を17PP符号化部171に出力する。17PP符号化部171は、図6に示されるような可変長の17PP符号の符号化テーブル201を有しており、17PP符号の符号化テーブル201に基づいて、インタリーバ72から入力された信号を17PP符号化し、PR通信路12に出力する。

【0064】

図6は、17PP符号の符号化テーブル201の構成例を示している。図6の例の場合、17PP符号の符号化テーブル201は、通常用の符号化テーブル211、および置換え用の符号化テーブル212により構成される。

【0065】

通常用の符号化テーブル211は、図中左より「入力ビット列」、「出力ビット列」、および「条件」により構成される。この「条件」は、最下段に示されている入力ビット列が「11」である場合のみ適用される条件である。

【0066】

符号化テーブル211においては、上段より順に、「入力ビット列」が「00 00 00 00」であった場合、「出力ビット列」として、「010 100 100 100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00 00 10 00」であった場合、「出力ビット列」として、「000 100 100 100」が出力されることが示されている。次に、「入力ビット列」が「00 00 00」であった場合、「出力ビット列」として、「010 100 100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00 00 01」であった場合、「出力ビット列」として、「010 100 100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00 00 10」であった場合、「出力ビット列」として、「000 100 000」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00 00 11」であった場合、「出力ビット列」として、「000 100 100」が出力されることが示されている。

【0067】

さらに、「入力ビット列」が「00 01」であった場合、「出力ビット列」として、「000 100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00 10」であった場合、「出力ビット列」として、「010 100」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「00 11」であった場合、「出力ビット列」として、「010 1

00」が出力されることが示されている。また、「入力ビット列」が「01」であった場合、「出力ビット列」として、「010」が出力されることが示され、「入力ビット列」が「10」であった場合、「出力ビット列」として、「001」が出力されることが示されている。そして、「入力ビット列」が「11」であった場合、「条件」として、「前時刻最終出力」が「1」であれば、「出力ビット列」として、「000」が出力され、「条件」として、「前時刻最終出力」が「0」であれば、「出力ビット列」として、「101」が出力されることが示されている。

【0068】

置換えの符号化テーブル212は、図中左側より、「置換え入力ビット列」、「置換え出力ビット列」、および「置換えの条件」により構成される。符号化テーブル212においては、「置換え入力ビット列」が「11 01 11」の場合で、かつ、「置換えの条件」が「次時刻出力ビット列」が「010」のとき、「置換え出力ビット列」として、「001 000 000」が出力されることが示されている。

【0069】

すなわち、17PP符号化部171においては、通常の場合、通常用の符号化テーブル211に基づいて、17PP符号の符号化処理が行われるが、入力されるビット列が「11 01 11」で、次時刻の出力ビット列が、「010」の場合のみ、置換えの符号化テーブル212に基づいて、17PP符号の符号化処理が行われる。

【0070】

以上のように、符号化テーブル201においては、判断されるビット数が1乃至4のうちのいずれかのビット数であり、一定ではなく（すなわち、可変長であり）、符号化してみないと、符号化されるビット数は不明である。

【0071】

図5に戻って、復号部162は、PR-SISO復号部81、17PP-SISO復号部181、デインタリーバ83、およびターボ復号部84により構成される。PR-SISO復号部81は、PR通信路12からの信号から、NRZI符号化およびPR2チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められたNRZI符号化およびPR2チャンネルのトレリス表現に基づいて、SISO復号を実行し、SISO復号された信号（軟情報）を17PP-SISO復号部181に供給する。

【0072】

17PP-SISO復号部181は、17PP符号化部171が有する17PP符号の符号化テーブル201に基づいて、17PP符号のトレリス表現を求め（生成し）、求められた17PP符号のトレリス表現に基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAなどを用いて、PR-SISO復号部81からの信号をSISO復号し、SISO復号された信号をデインタリーバ83に供給する。

【0073】

なお、図5の例においては、PR通信路12および復号部162により、記録媒体に記録されている符号化信号を再生して復号する復号装置、もしくは再生装置を構成するようにしてもよいことはいうまでもない。

【0074】

次に、図7乃至図10を参照して、17PP符号のトレリス表現について説明する。なお、図7乃至図9は、図6の17PP符号の符号化テーブル201を状態の遷移がわかるように展開した、現時刻と次時刻の、ある1時刻分の符号化過程をすべて表す状態遷移表の構成例を示しており、図10は、図7乃至図9の状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現の構成例を示している。

【0075】

図7乃至図9においては、図中右側より順に、「現時刻状態」、「現時刻入力」、「次時刻状態」および「現時刻出力」が示されている。なお、図7の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S0乃至S2の場合を示し、図8の状態遷移表は、上段から順に、

「現時刻状態」S3乃至S16の場合を示し、図9の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S17乃至S20の場合を示している。すなわち、図6の17PP符号の符号化テーブル201を展開すると、「現時刻状態」は、状態S0乃至状態S20の21状態により構成される。

【0076】

なお、この17PP符号の符号化においては、図6の符号化テーブル201の「条件」に基づいて、符号化直前の記録ビットが1の場合、状態S0から符号化が開始され、符号化直前の記録ビットが0の場合、状態S1から符号化が開始されている。

【0077】

図7の例においては、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S6になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S7になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S16になるかが示される。

【0078】

「現時刻状態」S1の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S1の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S6になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S7になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S1の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S2になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S16になるかが示される。

【0079】

「現時刻状態」S2の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S17になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S2の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S6になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S7になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S2の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S16になるかが示される。

【0080】

次に、図8の例においては、「現時刻状態」S3の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S17になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S3の場合に、「現時刻入力」00が入力される

と、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S6になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S7になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S3の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S2になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S16になるかが示される。

【0081】

「現時刻状態」S4の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻状態」S5の場合に、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻状態」S6の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S10になることが示される。また、「現時刻状態」S7の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S11になることが示され、「現時刻状態」S8の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S12になることが示され、「現時刻状態」S9の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S13になることが示され、「現時刻状態」S10の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻状態」S11の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示される。

【0082】

「現時刻状態」S12の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S14になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S15になることが示され、「現時刻状態」S13の場合に、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S14になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S15になることが示され、「現時刻状態」S14の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示される。また、「現時刻状態」S15の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S2になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S16になることが示され、「現時刻状態」S16の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S18になることが示される。

【0083】

同様にして、図9の例においては、「現時刻状態」S17の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になり、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S19になることが示される。また、「現時刻状態」S17の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S6になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S7になるかが示され、

さらに、「現時刻状態」S18の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S20になることが示される。

【0084】

「現時刻状態」S19の場合に、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になり、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S4になるか、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S7になることが示され、また、「現時刻状態」S19の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S16になることが示される。さらに、「現時刻状態」S20の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S5になるか、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S8になるか、または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S6になることが示される。

【0085】

さらに、図10の17PP符号のトレリス表現においては、円は、状態を表し、一点鎖線矢印は、入力された信号が「00」である場合の状態遷移を示す矢印であり、二点鎖線矢印は、入力された信号が「01」である場合の状態遷移を示す矢印であり、破線矢印は、入力された信号が「10」である場合の状態遷移を示す矢印であり、点線矢印は、入力された信号が「11」である場合の状態遷移を示す矢印である。また、各矢印に付したラベルは、出力される信号のビット列を示している。

【0086】

以上のように、図7乃至図9の17PP符号の状態遷移表、および図10の17PP符号のトレリス表現は、ある時刻の符号化過程の各状態に対してあり得る入力と出力をすべて表示することで求められているため、例えば、状態S0においては、「現時刻入力」00に対応するパターン（図10の一点鎖線矢印）が6通り、「現時刻入力」01に対応するパターン（図10の二点鎖線矢印）が1通り、「現時刻入力」10に対応するパターン（図10の破線矢印）が1通り、「現時刻入力」11に対応するパターン（図10の点線矢印）が2通りあるのに対して、状態S8においては、「現時刻入力」00に対応するパターン（図10の一点鎖線矢印）が1通りあるだけで、「現時刻入力」01, 10, 11に対応するパターンがないという特徴を持っている。このように、ある状態においては、1種類の「現時刻入力」に対して、複数のパターン（図10の矢印）があるため、1時刻分の図10のトレリス表現のみを参照したのでは、どの矢印を選択してよいのか分からず、符号化を行うことができない。そこで、1時刻分の符号化過程の全体を表現した図10のトレリス表現を連続する時刻で連結させる。

【0087】

図11は、図10のトレリス表現の他の構成例を示している。すなわち、図11のトレリス表現は、1時刻の符号化過程の全体を表現したものではなく、図10の1時刻分のトレリス表現を3時刻分連結させ、時刻t1乃至時刻t4の状態遷移を表すものである。なお、図11においては、説明の便宜上、3時刻分しか連結されていないが、実際には、符号化過程の最初から最後まで時刻が連結されたトレリス表現が用いられる。

【0088】

図11の例においては、太線矢印P1は、時刻t1の状態S0において入力される信号が「00」であり、太線矢印P2は、時刻t2の状態S6において入力される信号が「00」であり、太線矢印P3は、時刻t3の状態S10において入力される信号が「01」である場合の一連の状態遷移を示す矢印である。

【0089】

したがって、この太線矢印P1乃至P3は、時刻t1の状態S0において「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて、時刻t2における「次時刻

状態」S6になり、時刻t2の状態S6において「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて、時刻t3における「次時刻状態」S10になり、時刻t3の状態S10において「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて、時刻t4における「次時刻状態」S1になる状態遷移を示している。

【0090】

ここで、各時刻の状態のパターン（矢印）を見てみると、時刻t1の状態S0においては、「現時刻入力」00に対して、太線矢印P1の他に、一点鎖線矢印が5本（すなわち、図10の一点鎖線矢印が6本）あるが、例えば、時刻t1の状態S0において「現時刻入力」00が入力され、「現時刻出力」010が出力されて、時刻t2における「次時刻状態」S6になった場合の時刻t2の状態S6においては、入力のパターンが、「現時刻入力」00に対する太線矢印P2（すなわち、図10の一点鎖線矢印）1本のみしかない。さらに、時刻t2の状態S6において、「現時刻入力」00が入力され、「現時刻出力」100が出力されて、時刻t3における「次時刻状態」S10になった場合の時刻t3の状態S10においても、入力のパターンが、「現時刻入力」01に対する太線矢印P3（すなわち、図10の二点鎖線矢印）1本のみしかない。

【0091】

すなわち、時刻t2における状態S6および時刻t3における状態S10においては、入力パターンが限定されているので、時刻t1の状態S0において、入力「00 00 01」に対する出力は、出力「010 100 100」の1つであり、したがって、1つの入力列およびその出力（すなわち、符号語）が1つのパス（太線矢印P1乃至P3）に対応することがわかる。

【0092】

以上のように、入力パターンが多く存在する状態の場合においても、矢印の進んだ先に、入力パターンが限定された状態が必ず存在するので、このトレリス表現を用いて、1つ1つの状態遷移を詳細に確認すると、トレリス表現上の1つのパス（例えば、図11の太線矢印P1乃至P3）が、符号化過程全体の1つの状態遷移である、入力列およびその出力（すなわち、符号語）と1対1に対応していることがわかる。したがって、このトレリス表現を用いて、入力に対応する出力を求めることができる。

【0093】

なお、ビタビ復号アルゴリズムやBCJR復号アルゴリズムは、「G. D. Forney著、"The Viterbi Algorithm", Proc. IEEE, Vol. 61, No. 3, 1973年発行」、または「L. R. Bahl他著、"Optimal Decoding of Linear Codes for Minimizing Symbol Error Rate", IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-20, 1974年発行」に示されるように、1時刻分の符号化を表現する状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリスに対して動作させるのが通常の方法であるが、これらの復号アルゴリズムの内容を、出願人が数学的に検討した結果、上述したように、符号化過程全体の各状態遷移とトレリス表現上のパスが1対1に対応していれば、どちらのアルゴリズムも正常に動作することが容易に確認されている。したがって、図11（図10）のトレリス表現を用いた場合でも、17PP符号に対してビタビ復号やBCJR復号を適用することができる。

【0094】

このように、符号化過程全体の各状態遷移と1対1に対応したパスで表現されるトレリス表現が求められるので、17PP符号においても、ビタビ復号やBCJR復号を行うことができる。

【0095】

すなわち、17PP符号の符号化過程は、図10に示されるような21状態のトレリス表現で表現することができ、このトレリス表現を、図11に示されるように連続する時刻で連結させることにより、簡単に、ビタビ復号やBCJR復号を行うことができる。さらに、この21状態のトレリス表現は、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にも十分取り扱い可能な大きさである。

【0096】

なお、17PP符号のトレリス表現は、図11のトレリス表現のみに限られるものではなく、例えば、図14を参照して後述するように、図10に示されるいくつかの状態を分割して各状態に対する入力のパターン（矢印）を削減するなどの変形を用いて、図11のように連続する時刻を連結させ、17PP符号のトレリス表現とすることも可能である。

【0097】

図12乃至図14は、17PP符号のトレリス表現の他の例を示している。なお、図12および図13は、図6の17PP符号の符号化テーブル201を状態の遷移がわかるように展開した、現時刻と次時刻の、ある1時刻分の符号化過程を表す状態遷移表の他の構成例（図7乃至図9の21状態を、15状態に削減した状態遷移表の構成例）を示しており、図14は、図12および図13の状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現の構成例を示している。

【0098】

図12および図13においては、図中右側より順に、「現時刻状態」、「現時刻入力」、「次時刻状態」および「現時刻出力」が示されている。なお、図12の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S0乃至S4の場合を示し、図13の状態遷移表は、上段から順に、「現時刻状態」S5乃至S14の場合を示している。すなわち、図12および図13においては、図7乃至図9の21状態から「現時刻状態」が削減されて、状態S0乃至状態S14の15状態により構成される。

【0099】

図12の例においては、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になるか、または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S0の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になるかが示される。

【0100】

「現時刻状態」S1の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S1の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になるか、または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S1の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S2になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になるかが示される。

【0101】

「現時刻状態」S2の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S11になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現時刻状態」S2の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になるか、または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S2の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になるかが示される。

【0102】

「現時刻状態」S3の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S11になり、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示される。また、「現

時刻状態」S3の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になるか、または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になるかが示され、さらに、「現時刻状態」S3の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S2になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になるかが示される。

【0103】

「現時刻状態」S4の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S6になることが示され、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示される。

【0104】

図13の例においては、「現時刻状態」S5の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S7になり、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻状態」S6の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻状態」S6の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S8になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になることが示される。また、「現時刻状態」S7の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S8になるか、または「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S9になることが示される。

【0105】

「現時刻状態」S8の場合に、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」100が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻状態」S9の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示され、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S2になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になることが示される。

【0106】

「現時刻状態」S10の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S12になることが示され、「現時刻状態」S11の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示され、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」101が出力されて「次時刻状態」S13になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になるか、または「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になることが示される。

【0107】

「現時刻状態」S12の場合に、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S14になることが示され、「現時刻状態」S13の場合に、「現時刻入力」10が入力されると、「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S0になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S5になることが示され、「現時刻入力」11が入力されると、「現時刻出力」000が出力されて「次時刻状態」S3になるか、または「現時刻出力」001が出力されて「次時刻状態」S10になることが示され、「現時刻状態」

」S14の場合に、「現時刻入力」01が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S1になることが示され、「現時刻入力」00が入力されると、「現時刻出力」010が出力されて「次時刻状態」S4になることが示される。

【0108】

さらに、図14の17PP符号のトレリス表現においては、図10のトレリス表現と同様に、円は、状態を表し、一点鎖線矢印は、入力された信号が「00」である場合の状態遷移を示す矢印であり、二点鎖線矢印は、入力された信号が「01」である場合の状態遷移を示す矢印であり、破線矢印は、入力された信号が「10」である場合の状態遷移を示す矢印であり、点線矢印は、入力された信号が「11」である場合の状態遷移を示す矢印である。また、各矢印に付したラベルは、出力される信号のビット列を示している。

【0109】

以上のように、17PP符号の符号化過程は、15状態のトレリス表現でも表現することができ、さらに、この15状態のトレリス表現も、図10を参照して上述した21状態のトレリス表現と同様に、連続する時刻で連結させることができる。したがって、図11の例の場合と同様に、符号化過程全体の各状態遷移と1対1に対応したパスで表現されるトレリス表現が求められるので、17PP符号においては、15状態のトレリス表現を用いた場合でも、簡単に、ビタビ復号やBCJR復号を行うことができる。また、図14のトレリス表現の場合は、21状態のトレリス表現よりも状態数が削減されているので、ハードウェア的にも、ソフトウェア的にも21状態のトレリス表現よりもさらに扱いやすい。

【0110】

次に、図15のフローチャートを参照して、記録再生装置151が実行する記録処理について説明する。

【0111】

ステップS1において、ターボ符号化部71は、入力された信号をターボ符号化し、インタリーバ72を介して、17PP符号化部171に出力し、ステップS2に進む。具体的には、外部からの信号は、要素符号化部91およびインタリーバ92に同時に入力される。要素符号化部91は、入力された信号から、パリティビット列1を生成し、間引処理部94に出力する。インタリーバ92は、要素符号化部91と同時に入力された信号の順序を並び替え、要素符号化部93に入力する。要素符号化部93は、インタリーバ92により並び替えられた信号から、パリティビット列2を生成し、間引処理部94に出力する。間引処理部94は、パリティビット列1および2を間引きしながら、多重化し、インタリーバ72を介して、17PP符号化部171に出力する。

【0112】

17PP符号化部171は、ステップS2において、17PP符号の符号化テーブル201に基づいて、インタリーバ72を介して入力された信号を17PP符号化し、PR通信路12に出力し、ステップS3に進む。

【0113】

記録再生部21は、ステップS3において、17PP符号化部171から入力された符号化信号を、NRZI (non return to zero Inverted)符号化し、NRZI符号化された信号を装着された記録媒体または内蔵される記録媒体にマークエッジ記録 (Mark Edge Recording) 方法を用いて記録し、記録処理を終了する。

【0114】

次に、図16のフローチャートを参照して、上述した記録処理に対して実行される記録再生装置151の再生処理について説明する。

【0115】

記録再生部21は、ステップS21において、記録媒体に記録されている符号化信号をPR2チャンネルで読み出して、読み出された符号化信号を、等化処理部22に供給し、ステップS22に進む。等化処理部22は、ステップS22において、供給された符号化信号に対して、所定の目標等化特性となるように、波形干渉を利用したPR等化を施して、

復号部162に供給し、ステップS23に進む。

【0116】

PR-SISO復号部81は、ステップS23において、PR通信路12からの信号から、NRZI符号化およびPR2チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められたNRZI符号化およびPR2チャンネルのトレリス表現に基づいて、BCJRアルゴリズムやSOVAなどを用いて、SISO復号を実行し、SISO復号された信号（軟情報）を17PP-SISO復号部181に供給し、ステップS24に進む。

【0117】

17PP-SISO復号部181は、ステップS24において、17PPのSISO復号処理を実行する。この17PPのSISO復号処理について、図17のフローチャートを参照して説明する。17PP-SISO復号部181は、図17のステップS41において、PR-SISO復号部81からSISO復号された信号（軟情報）を入力し、ステップS42に進む。17PP-SISO復号部181は、ステップS42において、17PPの符号化テーブル201に基づいて、17PPのトレリス表現を求め（生成し）、ステップS43に進み、求められた17PPのトレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムやBCJR復号アルゴリズムを用いて、PR-SISO復号部81からの信号をSISO復号し、ステップS44に進む。17PP-SISO復号部181は、ステップS44において、SISO復号された信号（軟情報）をデインタリーバ83を介して、ターボ復号部84に供給し、図16のステップS25に戻る。

【0118】

ターボ復号部84は、図16のステップS25において、ターボ復号処理を実行する。具体的には、ターボ復号部84の補間処理部111は、デインタリーバ83からの信号（軟情報）を、補間処理し、要素復号部112および要素復号部114に出力する。要素復号部112は、補間処理部111からの信号をSISO復号し、SISO復号された信号とともに、信頼度情報をインタリーバ113を介して、要素復号部114に出力する。要素復号部114は、要素復号部112からの信頼度情報を用いて、補間処理部111からの信号をSISO復号し、デインタリーバ115を介して、SISO復号された信号と信頼度情報を要素復号部112に出力する。そして、要素復号部114は、これらの処理が数回繰り返された後に、最終判定処理を行い、その結果を図示せぬ後段に出力し、再生処理を終了する。

【0119】

以上のようにして、17PP符号のトレリス表現が求められ、トレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムやBCJR復号アルゴリズムが用いられて、信号がSISO復号されるので、記録再生装置151において、17PP符号とターボ符号の両方を併用することができる。これにより、図18に示されるように、復号性能を向上させることができる。

【0120】

図18は、本発明を適用した記録再生装置151と従来の記録再生装置1におけるそれぞれの復号性能の比較結果を示している。なお、図18において、本発明を適用した記録再生装置151においては、17PP符号とターボ符号が併用されており、従来の記録再生装置1においては、変調符号として17PP符号のみが用いられている。

【0121】

図18の例において、縦軸は、ビットエラーレートを示し、横軸は、信号対雑音電力比を示し、実線は、本発明を適用した場合におけるビットエラーレートであり、点線は、従来の17PP符号のみを用いた場合のビットエラーレートである。また、図18においては、ターボ符号1符号あたりの情報ビット数は、1174ビットとし、ターボ符号の符号化率は、 $19/20$ とし、繰り返し復号回数は、10回としている。

【0122】

したがって、図18のビットエラーレート $=10^{-5}$ においては、従来の記録再生装

置 1 の信号対雑音電力比が、およそ 13.4 (dB) であるのに対して、本発明を適用した記録再生装置 151 の信号対雑音電力比は、およそ 10.6 (dB) であることが示されている。これにより、記録再生装置 151 においては、17PP 符号とターボ符号が併用されることにより、17PP 符号のみを用いた従来の記録再生装置 1 よりも、2.5 (dB) 以上の符号化利得が得られることがわかる。

【0123】

以上のように、17PP 符号とターボ符号を併用することにより、復号性能を向上させることができる。

【0124】

図 19 は、本発明を適用した記録再生装置 251 の構成例を表している。なお、図 19 において、図 5 における場合と対応する部分には対応する符号を付してあり、その説明は繰り返しになるので適宜省略する。

【0125】

すなわち、図 19 の記録再生装置 251 の符号化部 261 は、ターボ符号化部 71 に代わって LDPC (Low Density Parity Check) 符号化部 271 が追加され、記録再生装置 251 の復号部 262 は、ターボ復号部 81 に代わって LDPC 復号部 281 が追加されている以外は、図 5 を参照して上述した記録再生装置 151 の符号化部 161 または復号部 162 と同様の構成を有している。

【0126】

したがって、符号化部 261 は、LDPC 符号化部 271、インタリーバ 72 および 17PP 符号化部 171 により構成される。LDPC 符号化部 271 は、入力された信号を LDPC 符号化し、符号化された信号をインタリーバ 72 を介して、17PP 符号化部 171 に出力する。17PP 符号化部 171 は、可変長の 17PP 符号の符号化テーブル 201 を有しており、17PP 符号の符号化テーブル 201 に基づいて、インタリーバ 72 から入力された信号を 17PP 符号化し、PR 通信路 12 に出力する。

【0127】

復号部 262 は、RP-SISO 復号部 81、17PP-SISO 復号部 181、デインタリーバ 83、および LDPC 復号部 281 により構成される。17PP-SISO 復号部 181 は、17PP 符号化部 171 が有する 17PP 符号の符号化テーブル 201 に基づいて、17PP 符号のトレリス表現を求め、求められた 17PP 符号のトレリス表現に基づいて、BCJR アルゴリズムや SOVA などを用いて、PR-SISO 復号部 81 からの信号を SISO 復号し、SISO 復号された信号 (軟情報) をデインタリーバ 83 を介して、LDPC 復号部 281 に出力する。

【0128】

LDPC 復号部 281 は、17PP-SISO 復号部 181 から入力される信号 (軟情報) に基づいて、SPA (Sum-Product Algorithm) を用いて繰り返し復号を実行し、実行した結果を図示せぬ後段に出力する。

【0129】

以上のように、17PP-SISO 復号部 181 において、17PP 符号のトレリス表現が求められ、17PP 符号のトレリス表現に基づいて、BCJR アルゴリズムや SOVA などを用いて、簡単に、SISO 復号されるので、ターボ符号に代わって、LDPC 符号を接続することもできる。このように、ターボ符号に代わって、LDPC 符号を用いて記録再生処理を行うようにしてもよい。なお、図 19 の場合も、17PP 符号のみを用いた場合よりも、復号性能が向上される。

【0130】

図 20 は、本発明を適用した記録再生装置 301 の構成例を表している。記録再生装置 301 は、記録再生装置 151 と同様に、変調符号として 17PP 符号を用いて、光ディスクなどの記録媒体に信号の記録再生を行う。なお、図 20 において、図 1 における場合と対応する部分には対応する符号を付してあり、その説明は繰り返しになるので適宜省略する。

【0131】

すなわち、図20の記録再生装置301は、変調符号化部11に代わって図5の17PP符号化部171が追加され、記録再生装置301の復号部311は、PR-ビタビ復号部31に代わって図5のPR-SISO復号部81が追加され、変調復号部32に代わって17PPビタビ復号部321が追加されている以外は、図1を参照して上述した記録再生装置1と同様の構成を有している。

【0132】

したがって、17PP符号化部171は、可変長の17PP符号の符号化テーブル201を有しており、17PP符号の符号化テーブル201に基づいて、インタリーブ72から入力された信号を17PP符号化し、PR通信路12に出力する。

【0133】

復号部311は、PR-SISO復号部81および17PPビタビ復号部321により構成される。PR-SISO復号部81は、PR通信路12からの信号から、NRZI符号化およびPR2チャンネルに基づいて、毎時刻の符号化過程を表す状態遷移表を時系列に沿って展開したトレリス表現を求め、求められたNRZI符号化およびPR2チャンネルのトレリス表現に基づいて、SISO復号を実行し、SISO復号された信号（軟情報）を17PPビタビ復号部321に供給する。

【0134】

17PPビタビ復号部321は、17PP符号化部171が有する17PPの符号化テーブル201に基づいて、17PP符号のトレリス表現を求め、求められた17PP符号のトレリス表現に基づいて、PR-SISO復号部81から信号の軟判定ビタビ復号を行い、軟判定ビタビ復号された信号を図示せぬ後段に出力する。

【0135】

以上のように、記録再生装置301においては、変調符号として17PP符号が用いられ、17PP符号のトレリス表現が求められ、求められた17PP符号のトレリス表現に基づいて、簡単に、軟判定ビタビ復号を行うことができるので、図1の記録再生装置1よりも、高い復号性能を図ることができる。

【0136】

以上のように、可変長の符号化テーブルを有する変調符号において、トレリス表現が求められ、求められたトレリス表現を容易に用いることができるので、現実的な計算量で軟判定ビタビ復号が可能になり、復号性能が向上される。

【0137】

また、可変長の符号化テーブルを有する変調符号において、トレリス表現が求められ、求められたトレリス表現を容易に用いることができるので、BCJR復号アルゴリズムやSOVAを用いてのSISO復号も可能になるため、誤り訂正符号として、ターボ符号やLDPC符号などの軟情報を必要とする符号を接続することができ、さらなる復号性能の向上が図れる。

【0138】

なお、図5の記録再生装置151、図19の記録再生装置251においては、非特許文献1に示されるのと同様に、17PP符号のトレリス表現の状態と、PR通信路12のトレリス表現の状態とを一体化したトレリス表現を用いて、復号を行い、接続したターボ符号やLDPC符号の復号部に軟情報を出力するようにしてもよい。すなわち、図5および図19において、PR-SISO復号部81および17PP-SISO復号部181を1つのブロックとして構成するようにしてもよい。

【0139】

また、上記説明においては、記録再生装置において符号化処理、および復号処理を実行する場合について説明したが、本発明は、記録再生処理を行う場合のみに限定されず、ネットワークを介して符号化信号を送送する伝送システムにおいて実行される符号化処理および復号処理にも適用することができる。

【0140】

上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行させることもできるが、ソフトウェアにより実行させることもできる。この場合、例えば、図5の記録再生装置151、図19の記録再生装置251、および図20の記録再生装置301は、図21に示されるような記録再生装置401により構成される。

【0141】

図21において、CPU (Central Processing Unit) 411は、ROM (Read Only Memory) 412に記憶されているプログラム、または、記憶部418からRAM (Random Access Memory) 413にロードされたプログラムに従って各種の処理を実行する。RAM 413にはまた、CPU 411が各種の処理を実行する上において必要なデータなどが適宜記憶される。

【0142】

CPU 411、ROM 412、およびRAM 413は、バス414を介して相互に接続されている。このバス414にはまた、入出力インタフェース415も接続されている。

【0143】

入出力インタフェース415には、キーボード、マウスなどよりなる入力部416、CRT (Cathode Ray Tube)、LCD (Liquid Crystal Display) などよりなるディスプレイ、並びにスピーカなどよりなる出力部417、ハードディスクなどより構成される記憶部418、モデム、ターミナルアダプタなどより構成される通信部419が接続されている。通信部419は、図示しないネットワークを介しての通信処理を行う。

【0144】

入出力インタフェース415にはまた、必要に応じてドライブ420が接続され、磁気ディスク421、光ディスク422、光磁気ディスク423、或いは半導体メモリ424などが適宜装着され、それから読み出されたコンピュータプログラムが、必要に応じて記憶部418にインストールされる。

【0145】

一連の処理をソフトウェアにより実行させる場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または、各種のプログラムをインストールすることで、各種の機能を実行することが可能な、例えば、汎用のパーソナルコンピュータなどに、ネットワークや記録媒体からインストールされる。

【0146】

この記録媒体は、図21に示されるように、装置本体とは別に、ユーザにプログラムを提供するために配布される、プログラムが記録されている磁気ディスク421 (フレキシブルディスクを含む)、光ディスク422 (CD-ROM (Compact Disk-Read Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disk)を含む)、光磁気ディスク423 (MD (Mini-Disk) (商標)を含む)、もしくは半導体メモリ424などよりなるパッケージメディアにより構成されるだけでなく、装置本体に予め組み込まれた状態でユーザに提供される、プログラムが記録されているROM 412や、記憶部418に含まれるハードディスクなどで構成される。

【0147】

なお、本明細書において、フローチャートに示されるステップは、記載された順序に従って時系列的に行われる処理はもちろん、必ずしも時系列的に処理されなくとも、並列的あるいは個別に実行される処理をも含むものである。

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】従来の記録再生装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】従来の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図3】図2の状態遷移表の構成例を示す図である。

【図4】図3の状態遷移表に対応するトレリス表現の構成例を示す図である。

【図5】本発明の記録再生装置の構成例を示すブロック図である。

【図6】図5の符号化テーブルの構成例を示す図である。

【図 7】 図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の構成例を示す図である。

【図 8】 図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の構成例を示す図である。

【図 9】 図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の構成例を示す図である。

【図 10】 図 7 乃至図 9 の状態遷移表に対応する領域対応表のトレリス表現の構成例を示す図である。

【図 11】 図 10 のトレリス表現の他の構成例を示す図である。

【図 12】 図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の他の構成例を示す図である。

。 【図 13】 図 6 の符号化テーブルを展開した状態遷移表の他の構成例を示す図である。

。 【図 14】 図 12 および図 13 の状態遷移表に対応する領域対応表のトレリス表現の構成例を示す図である。

【図 15】 図 5 の記録再生装置の記録処理を説明するフローチャートである。

【図 16】 図 5 の記録再生装置の再生処理を説明するフローチャートである。

【図 17】 図 16 のステップ S 24 の 17PP の SISO 復号処理を説明するフローチャートである。

【図 18】 従来の復号処理結果と、図 11 のトレリス表現に基づいて実行される復号処理結果とのビットエラーレートの比較について説明するための図である。

【図 19】 本発明の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

【図 20】 本発明の記録再生装置のさらに他の構成例を示すブロック図である。

【図 21】 本発明の記録再生装置の他の構成例を示すブロック図である。

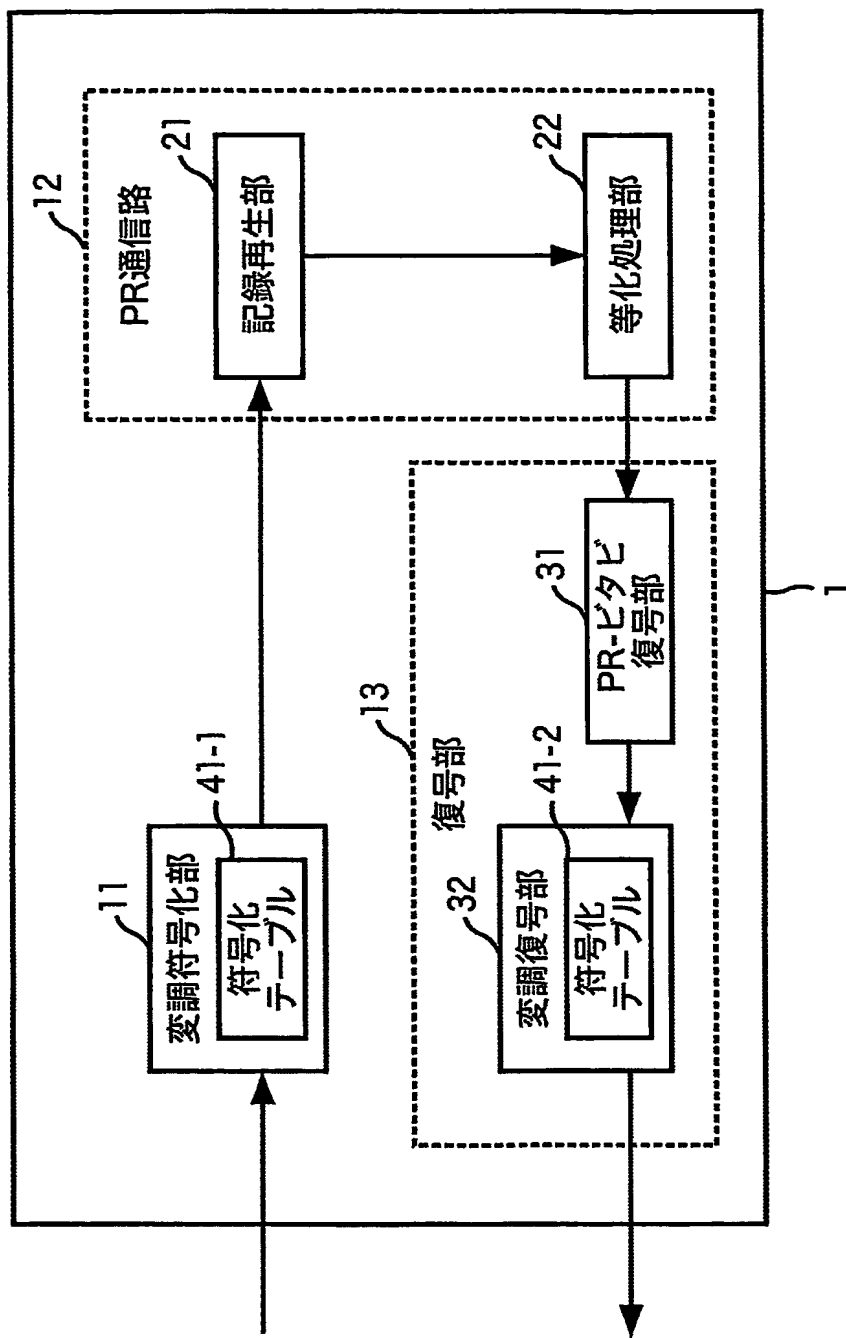
【符号の説明】

【0149】

12 PR 通信路, 21 記録再生部, 22 等化処理部, 71 ターボ符号化部, 81 PR-SISO 復号部, 84 ターボ復号部, 151 記録再生装置, 161 符号化部, 162 復号部, 171 17PP 符号化部, 181 17PP-SISO 復号部, 201 符号化テーブル

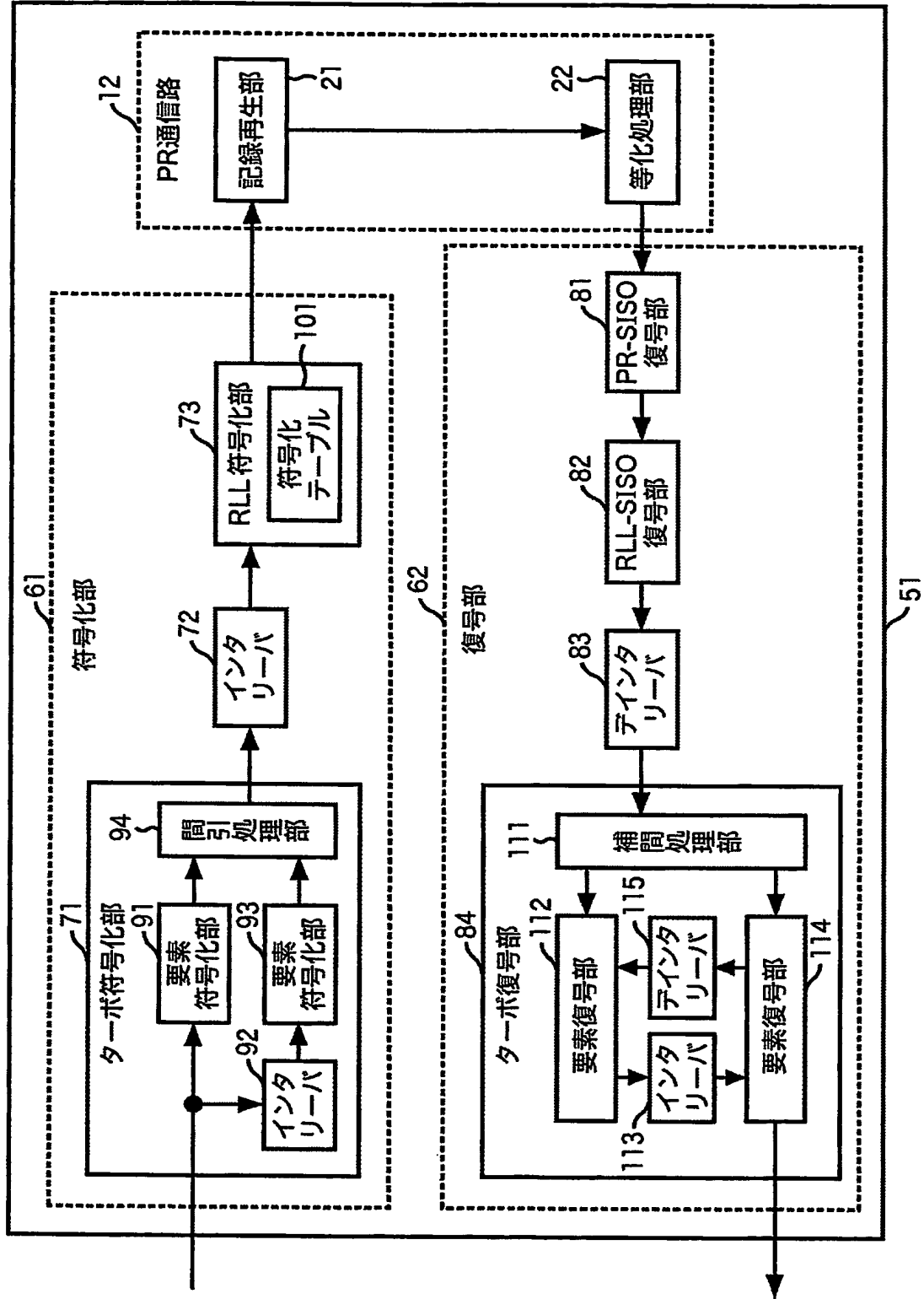
【書類名】 図面
【図 1】

図 1



【図 2】

図 2



【図3】

図3

前時刻 状態	前時刻 出力	前時刻 入力	現時刻 出力	現時刻 入力	現時刻 状態
S0	0	00	001	00	S4
	0	00	001	01	S5
	0	00	000	10	S2
	0	00	000	11	S3
S1	0	01	001	00	S4
	0	01	001	01	S5
	0	01	000	10	S2
	0	01	000	11	S3
S2	0	10	101	00	S4
	0	10	101	01	S5
	0	10	010	10	S2
	0	10	010	11	S3
S3	0	11	010	00	S0
	0	11	100	01	S1
	0	11	100	10	S2
	0	11	100	11	S3
S4	1	00	001	00	S4
	1	00	001	01	S5
	1	00	010	10	S2
	1	00	010	11	S3
S5	1	01	010	00	S0
	1	01	000	01	S1
	1	01	000	10	S2
	1	01	000	11	S3

【図 4】

図 4

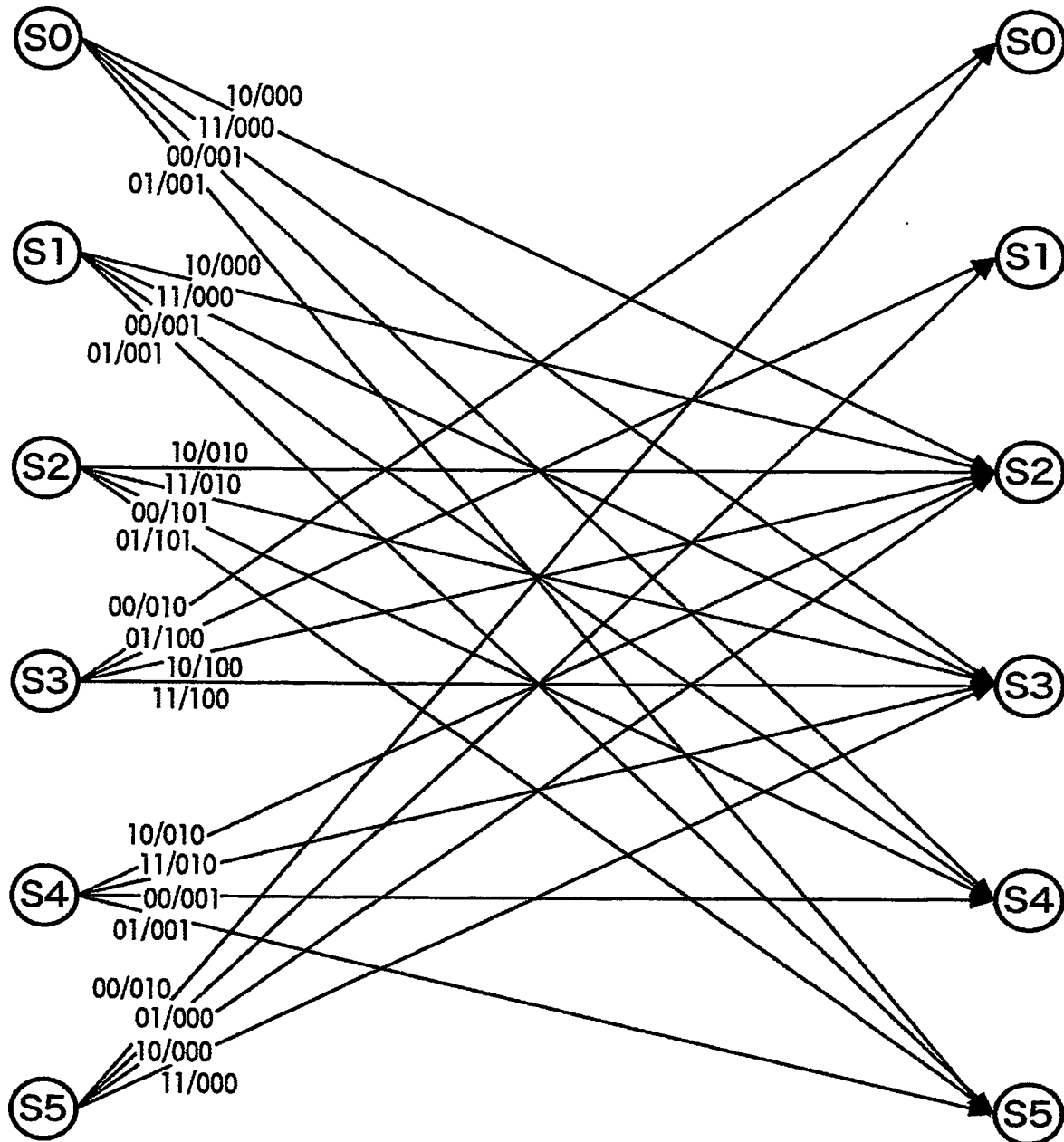
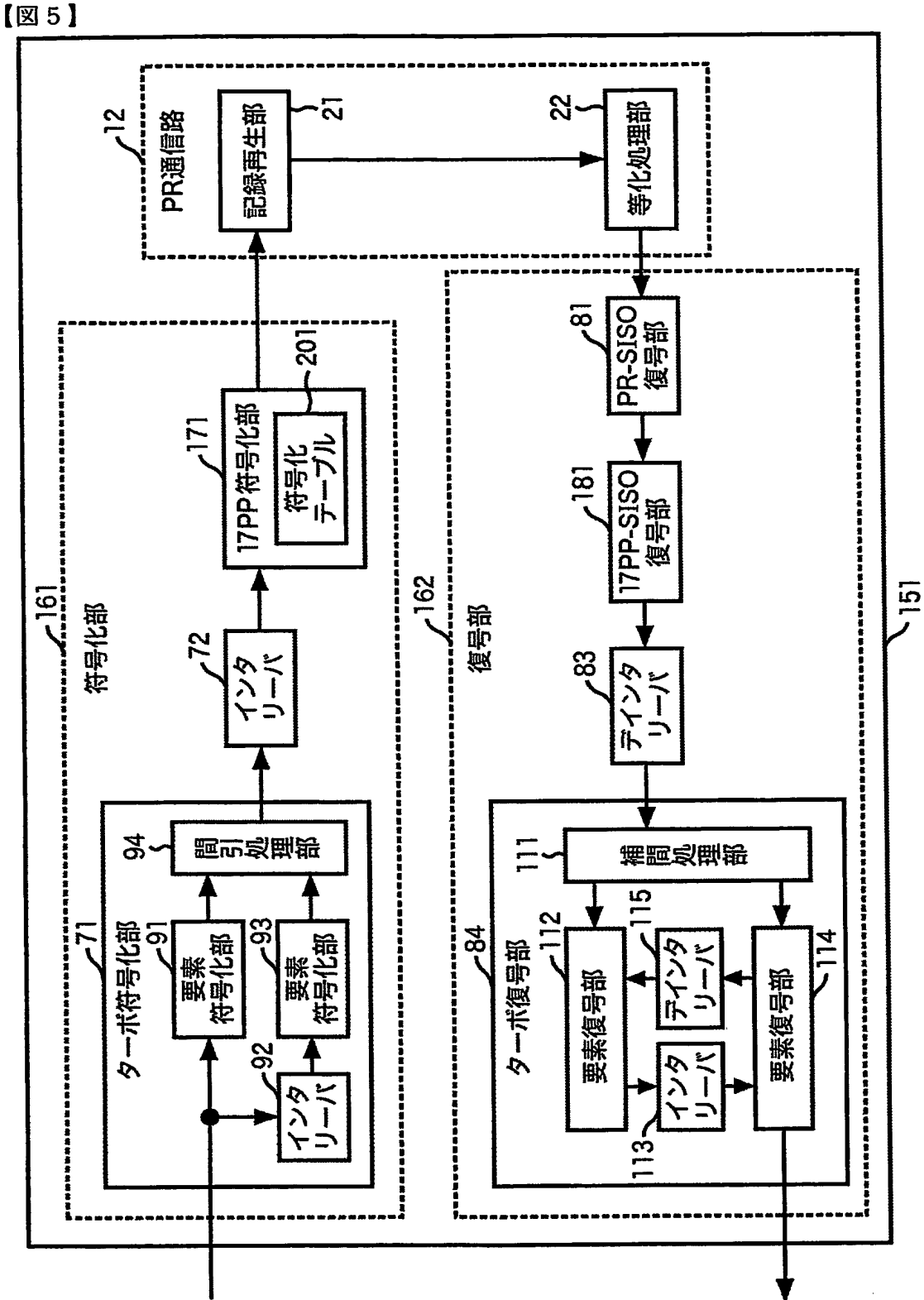


図5



【図 6】

図 6

211		
入力ビット列	出力ビット列	条件
00 00 00 00	010 100 100 100	
00 00 10 00	000 100 100 100	
00 00 00	010 100 000	
00 00 01	010 100 100	
00 00 10	000 100 000	
00 00 11	000 100 100	
00 01	000 100	
00 10	010 000	
00 11	010 100	
01	010	
10	001	
11	000 101	前時刻最終出力=1 前時刻最終出力=0
212		
置換え入力ビット列	置換え出力ビット列	置換えの条件
11 01 11	001 000 000	次時刻出力ビット列=010
201		

【図7】

図7

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S0	01	S1	010
S0	10	S0	001
S0	00	S4	000
S0	00	S5	010
S0	00	S8	010
S0	00	S6	010
S0	00	S9	000
S0	00	S7	000
S0	11	S3	000
S0	11	S16	001
S1	01	S1	010
S1	10	S0	001
S1	00	S4	000
S1	00	S5	010
S1	00	S8	010
S1	00	S6	010
S1	00	S9	000
S1	00	S7	000
S1	11	S2	101
S1	11	S16	001
S2	01	S17	010
S2	10	S0	001
S2	00	S4	000
S2	00	S5	010
S2	00	S8	010
S2	00	S6	010
S2	00	S9	000
S2	00	S7	000
S2	11	S3	000
S2	11	S16	001

【図8】

図8

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S3	01	S17	010
S3	10	S0	001
S3	00	S4	000
S3	00	S5	010
S3	00	S8	010
S3	00	S6	010
S3	00	S9	000
S3	00	S7	000
S3	11	S2	101
S3	11	S16	001
S4	01	S1	100
S5	10	S1	000
S5	11	S1	100
S6	00	S10	100
S7	00	S11	100
S8	00	S12	100
S9	00	S13	100
S10	01	S1	100
S11	11	S1	100
S12	00	S14	100
S12	00	S15	000
S13	10	S14	100
S13	10	S15	000
S14	00	S1	100
S15	01	S1	010
S15	10	S0	001
S15	11	S2	101
S15	11	S16	001
S16	01	S18	000

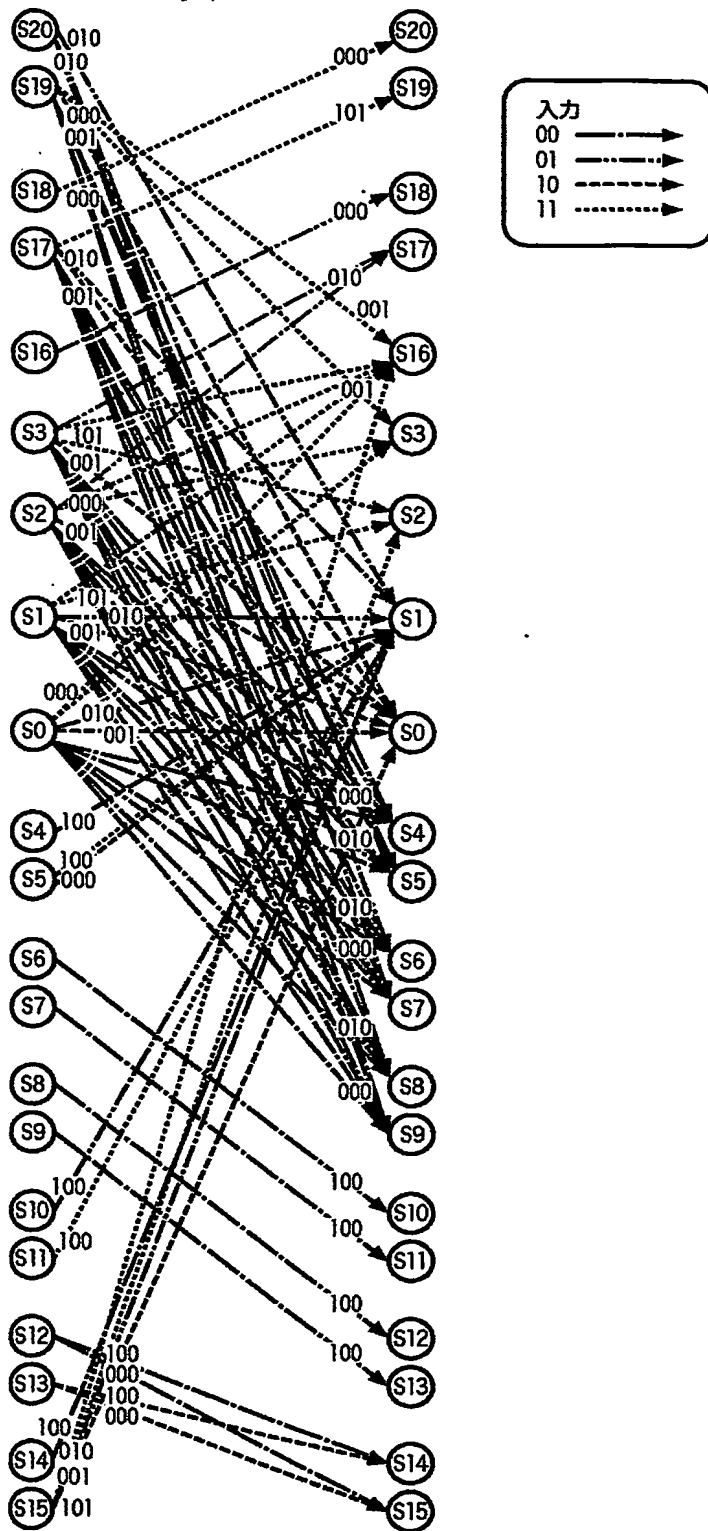
【図 9】

図 9

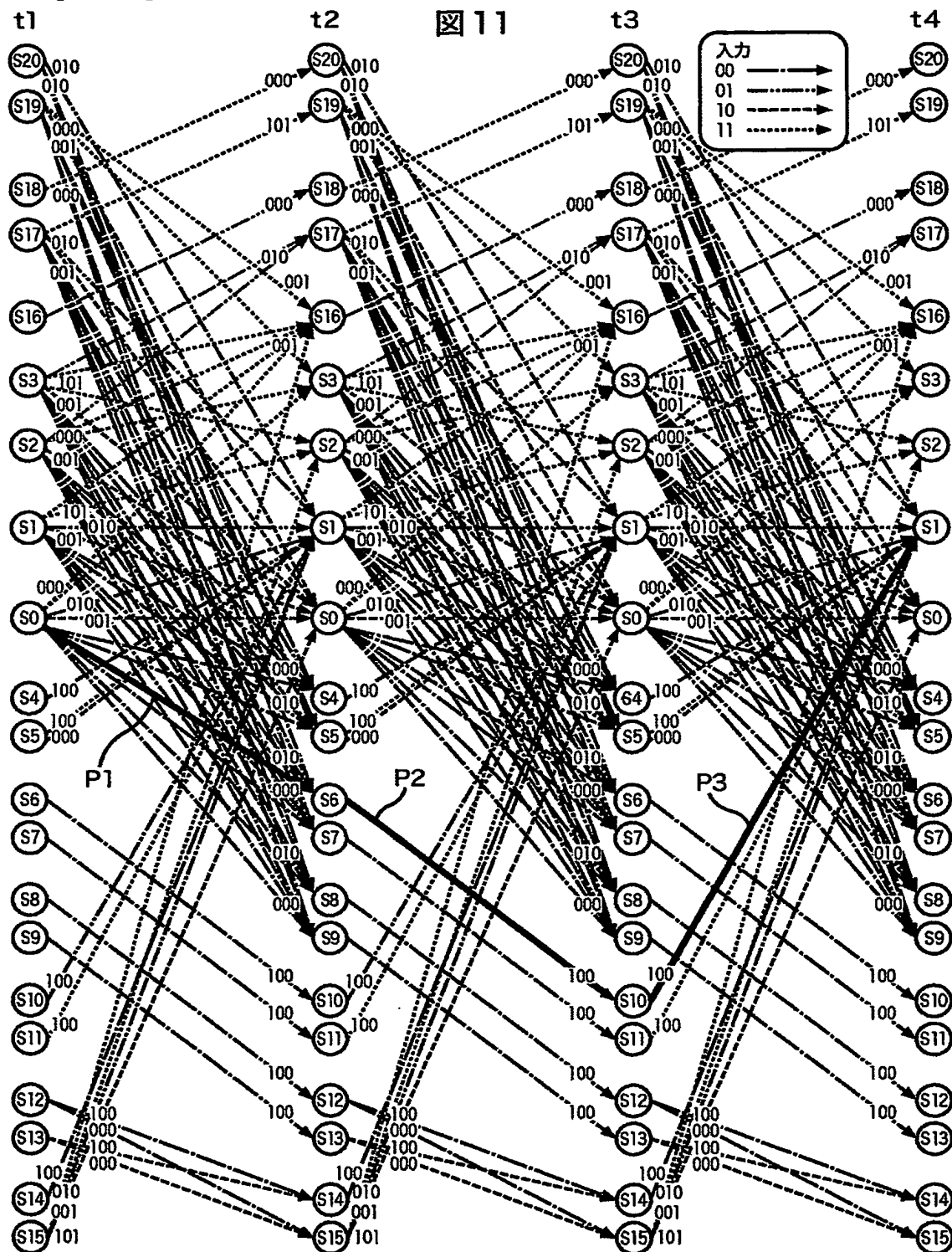
現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S17	01	S1	010
S17	10	S0	001
S17	11	S19	101
S17	00	S4	000
S17	00	S5	010
S17	00	S8	010
S17	00	S6	010
S17	00	S9	000
S17	00	S7	000
S18	11	S20	000
S19	10	S0	001
S19	00	S4	000
S19	00	S9	000
S19	00	S7	000
S19	11	S3	000
S19	11	S16	001
S20	01	S1	010
S20	00	S5	010
S20	00	S8	010
S20	00	S6	010

【図 10】

図 10



【図 11】



【図 12】

図 12

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S0	01	S1	010
S0	10	S0	001
S0	00	S5	000
S0	00	S4	010
S0	11	S3	000
S0	11	S10	001
S1	01	S1	010
S1	10	S0	001
S1	00	S5	000
S1	00	S4	010
S1	11	S2	101
S1	11	S10	001
S2	01	S11	010
S2	10	S0	001
S2	00	S5	000
S2	00	S4	010
S2	11	S3	000
S2	11	S10	001
S3	01	S11	010
S3	10	S0	001
S3	00	S5	000
S3	00	S4	010
S3	11	S2	101
S3	11	S10	001
S4	00	S6	100
S4	10	S1	000
S4	11	S1	100

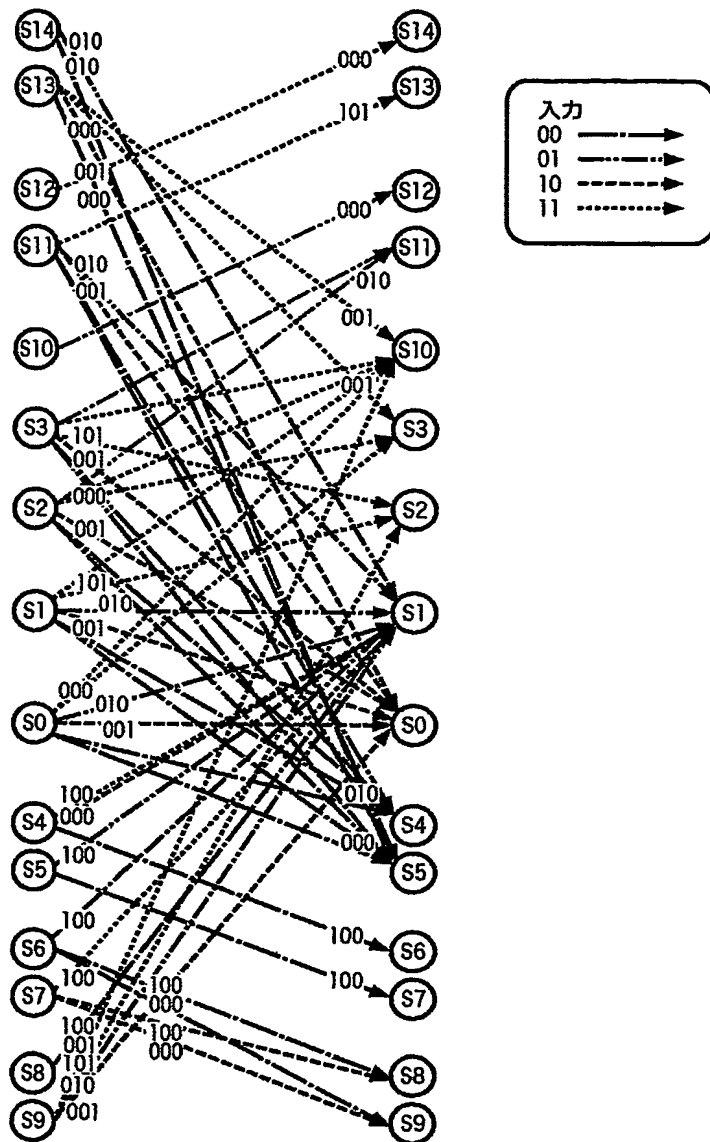
【図 13】

図 13

現時刻 状態	現時刻 入力	次時刻 状態	現時刻 出力
S5	00	S7	100
S5	01	S1	100
S6	01	S1	100
S6	00	S8	100
S6	00	S9	000
S7	11	S1	100
S7	10	S8	100
S7	10	S9	000
S8	00	S1	100
S9	01	S1	010
S9	10	S0	001
S9	11	S2	101
S9	11	S10	001
S10	01	S12	000
S11	01	S1	010
S11	10	S0	001
S11	11	S13	101
S11	00	S5	000
S11	00	S4	010
S12	11	S14	000
S13	10	S0	001
S13	00	S5	000
S13	11	S3	000
S13	11	S10	001
S14	01	S1	010
S14	00	S4	010

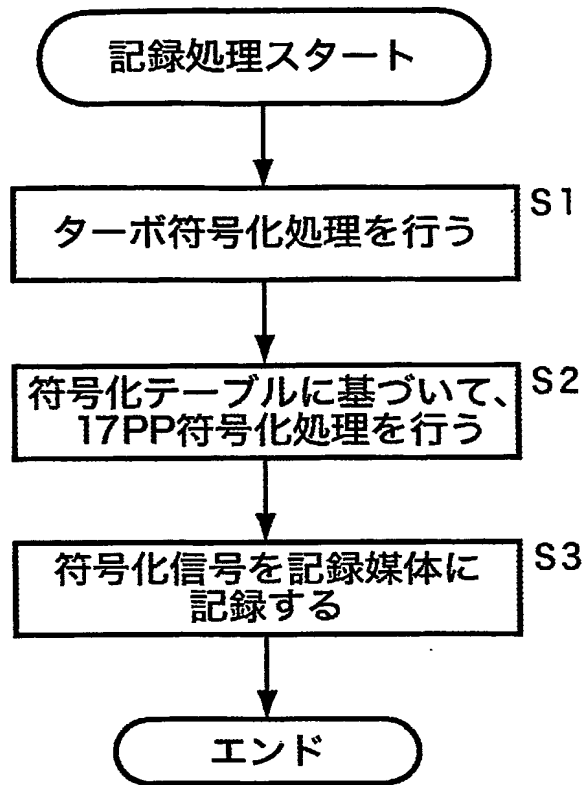
【図 14】

図 14



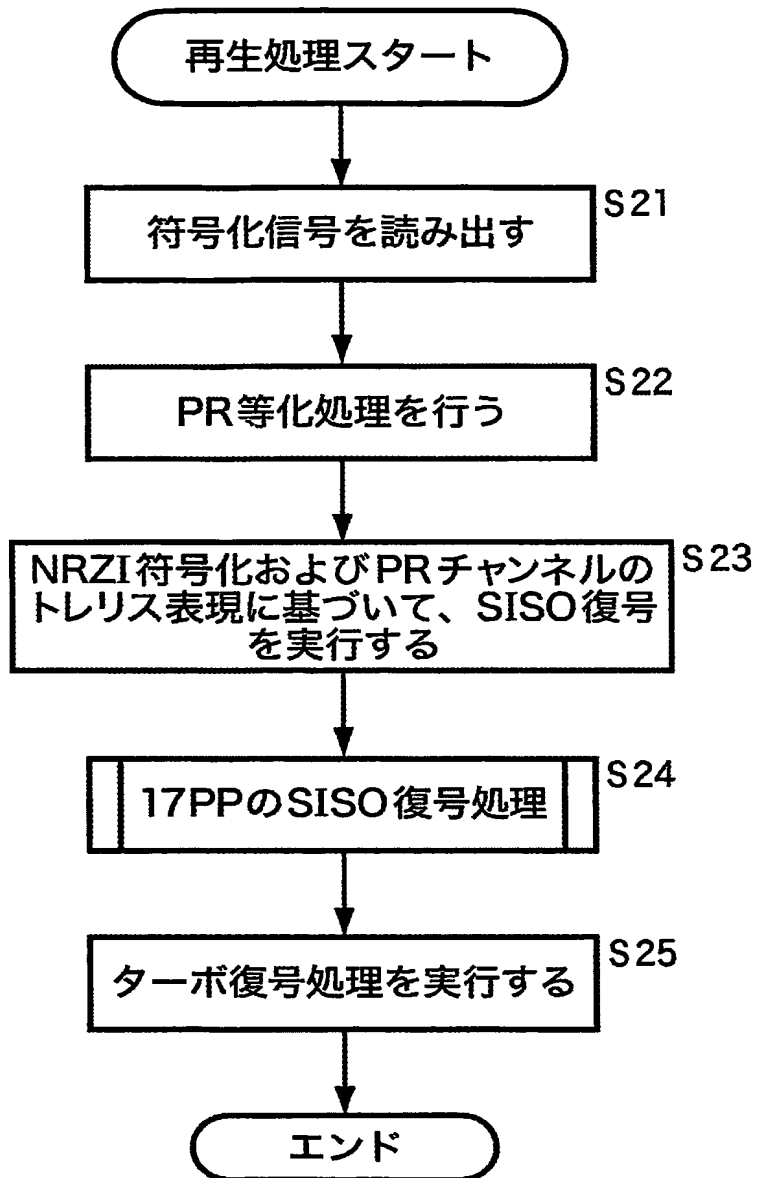
【図 15】

図 15



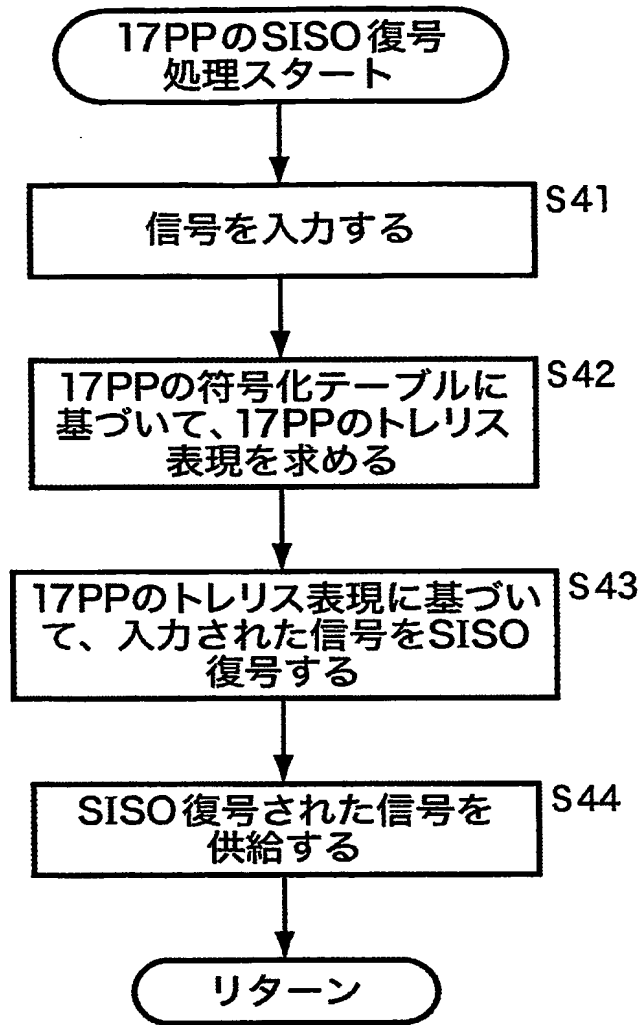
【図 16】

図 16



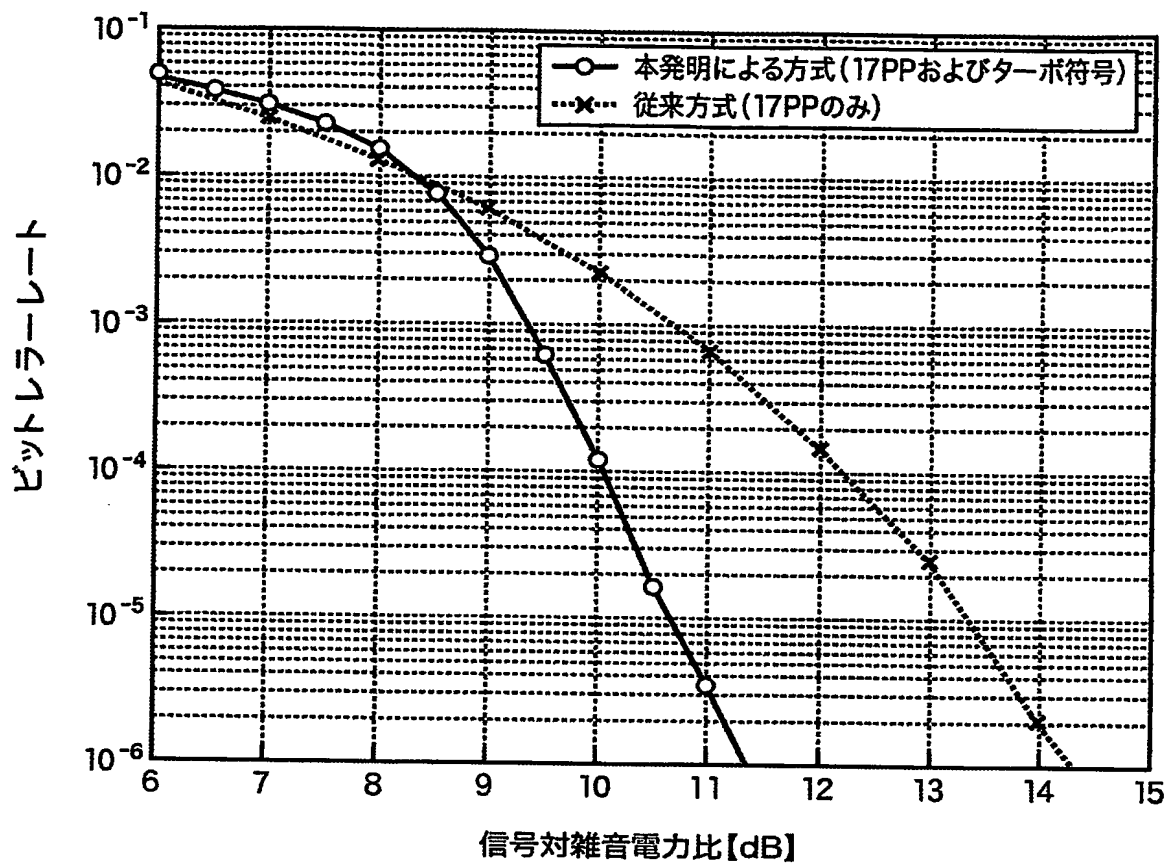
【図 17】

図 17



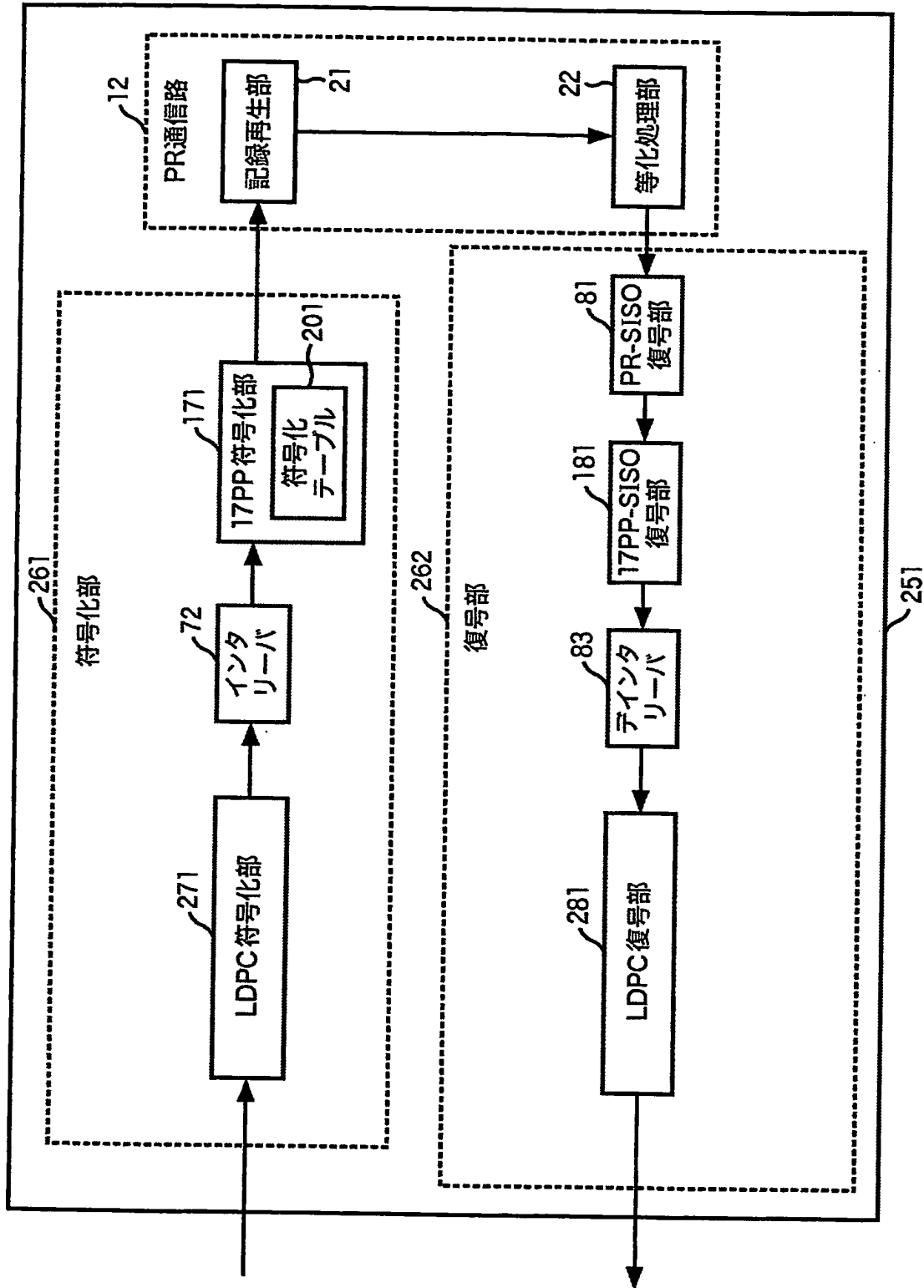
【図 18】

図 18



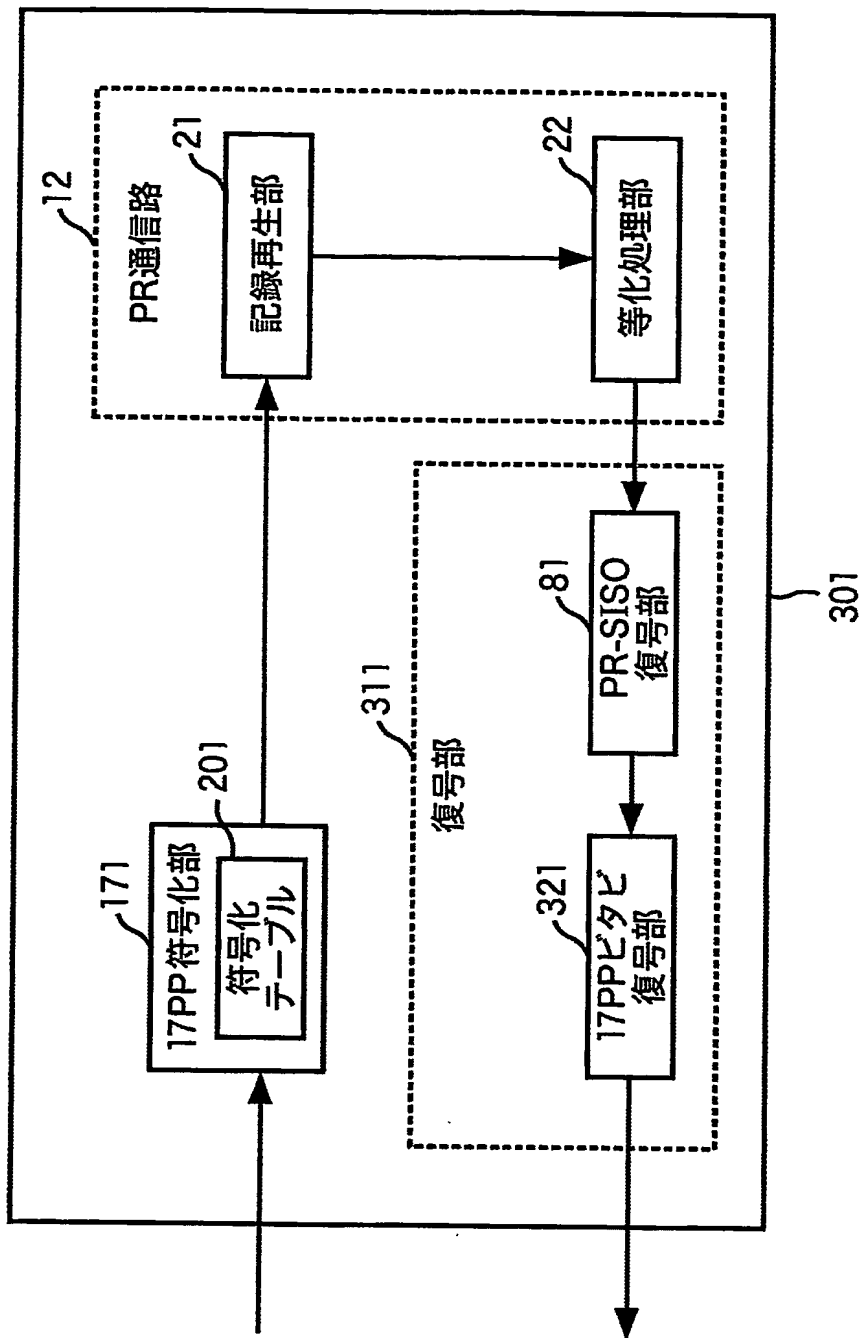
【図 19】

図 19

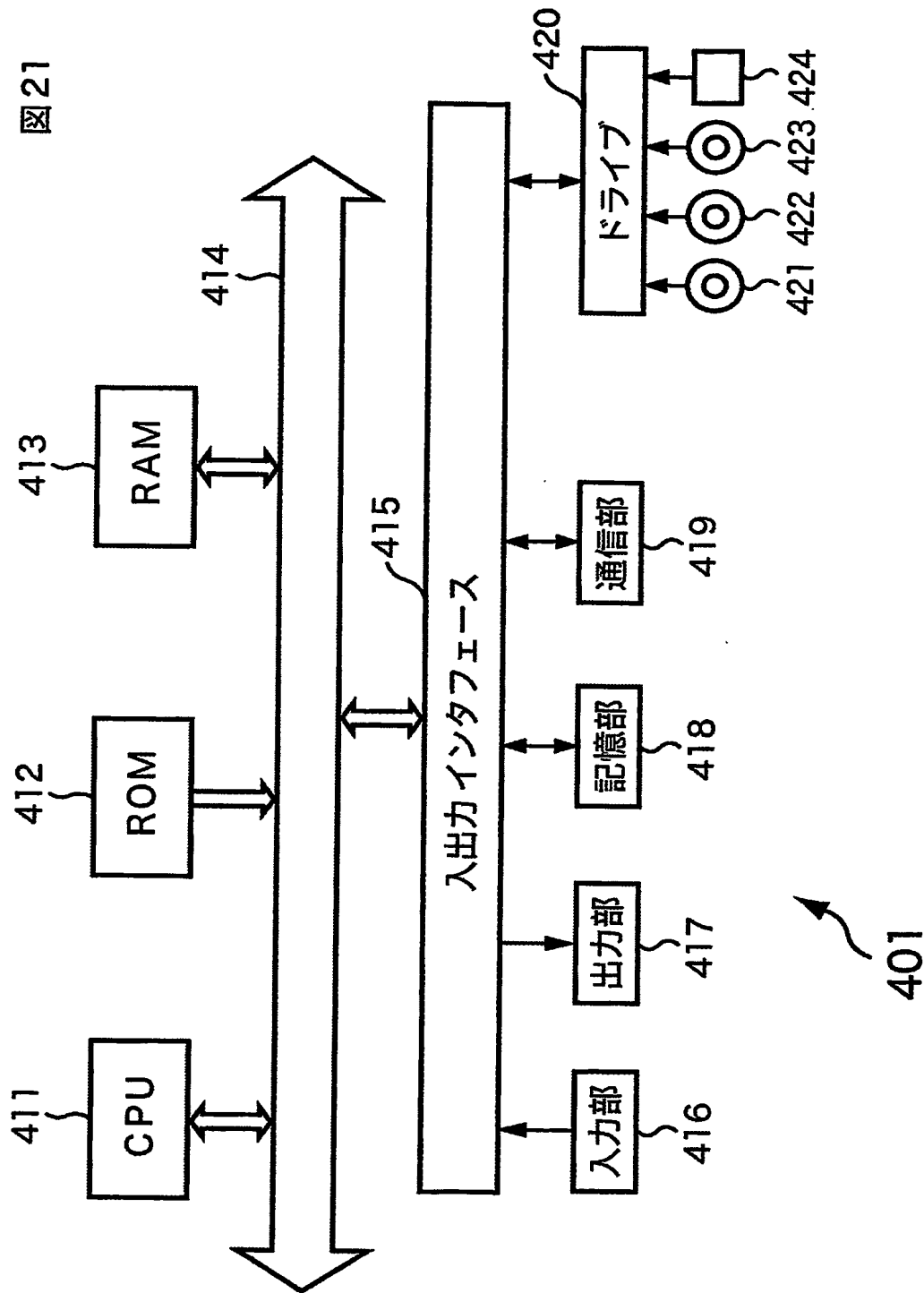


【図 20】

図 20



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 変長テーブルに基づいて符号化された変調符号の復号性能を向上することができるようにする。

【解決手段】 17PP-SISO復号部181は、17PPの符号化テーブル201に基づいて、符号化過程全体の各状態遷移と1対1に対応したパスで表現されるトレリス表現を生成し、生成されたトレリス表現に基づいて、ビタビ復号アルゴリズムやBCJR復号アルゴリズムを用いて、PR-SISO復号部81からの信号をSISO復号する。そして、17PP-SISO復号部181は、SISO復号された信号（軟情報）をデインターリーバ83を介して、ターボ復号部84に供給する。ターボ復号部84は、17PP-SISO復号部181からの出力を対象に、ターボ復号処理を実行する。本発明は、高密度光ディスクなどの記録媒体に信号を記録し、再生する記録再生装置に適用できる。

【選択図】 図5

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-355532
受付番号	50301714307
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成 15 年 10 月 20 日

< 認定情報・付加情報 >

【特許出願人】

【識別番号】

000002185

【住所又は居所】

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 35 号

【氏名又は名称】

ソニー株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】

100082131

【住所又は居所】

東京都新宿区西新宿 7 丁目 11 番 18 号 711

ビルディング 4 階 稲本国際特許事務所

【氏名又は名称】

稲本 義雄

特願 2 0 0 3 - 3 5 5 5 3 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 1 8 5]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社